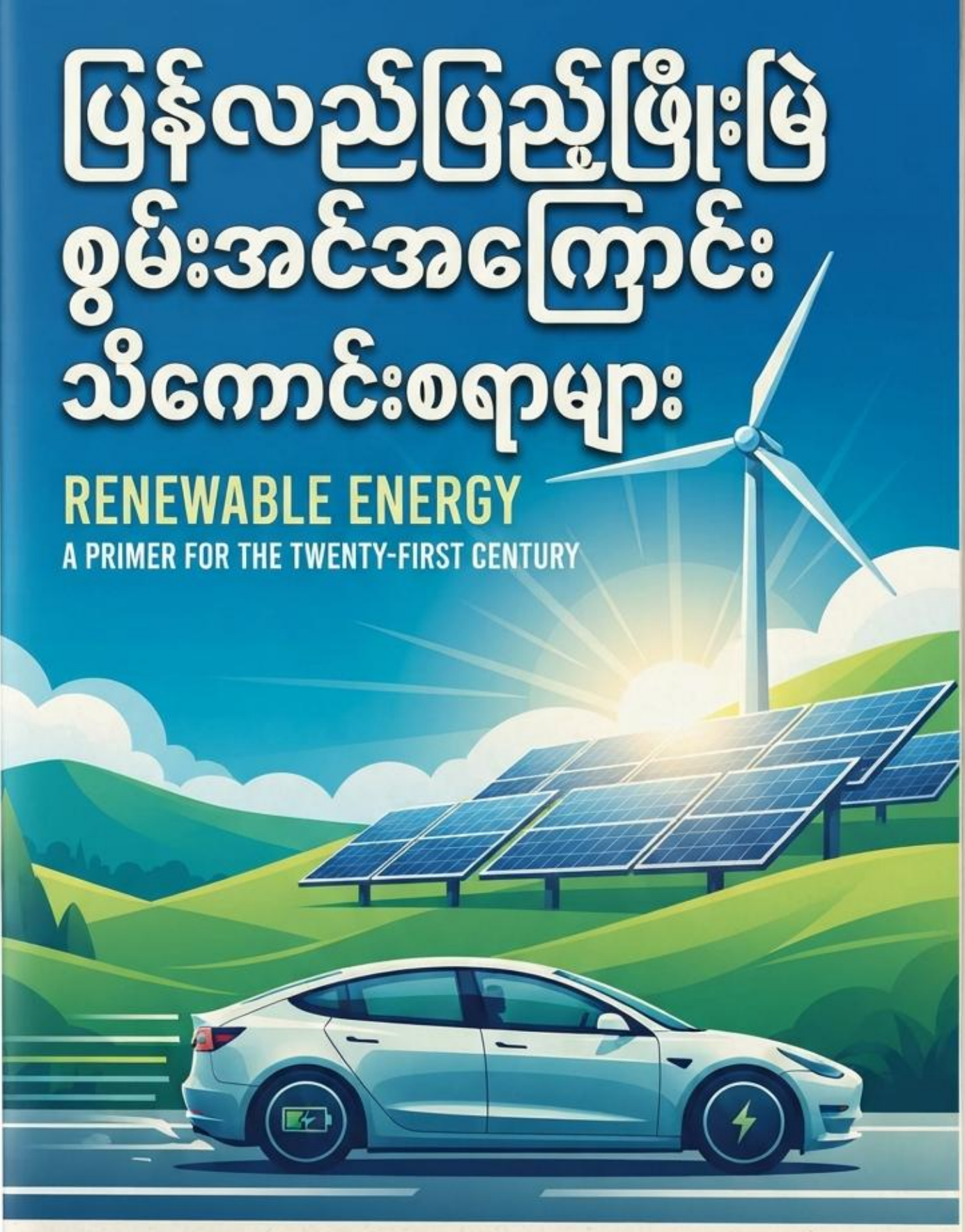
ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမဲ့ စွမ်းအင်အကြောင်း သိကောင်းစရာများ

RENEWABLE ENERGY

A PRIMER FOR THE TWENTY-FIRST CENTURY



BRUCE USHER ရေးသည်

ဘာသာပြန် - နေအောင်

အခန်း (၁) – ၂၁ ရာစုမှာ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်

ဒီအခန်းက စာအုပ်ရဲ့နိဒါန်းပါ။ စာရေးသူက သူ့သူငယ်ချင်းရဲ့အထပ်မြင့်တိုက်ပေါ်က ဆိုလာပြားတွေကို ကြည့်ပြီး လူအများစုက ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်အကြောင်း သိပ်နားမလည်ကြောင်း သတိထားမိခဲ့တယ်။

အဓိကအချက်တွေက-

- လေအားနဲ့ နေအားစွမ်းအင်ဟာ ကျောက်မီးသွေး၊ ရေနံ၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေထက် စျေးသက်သာလာပြီ။
- ဒီအပြောင်းအလဲဟာ လွန်ခဲ့တဲ့ သစ်သားကနေ ကျောက်မီးသွေးကို ကူးပြောင်းခဲ့သလိုမျိုး နောက်ထပ် စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှုကြီးတစ်ခုပါ။
- သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးကဏ္ဍမှာလည်း ဓာတ်ဆီကားတွေကနေ လျှပ်စစ်ကားတွေဆီကို ကူးပြောင်းနေပြီ။
- ဒီအသွင်ကူးပြောင်းမှုက ရာသီဥတုပြောင်းလဲမှုကို ရှောင်လွှဲဖို့၊ ကျန်းမာရေးကောင်းမွန်ဖို့၊ အလုပ်အကိုင်တွေ ဖန်တီးဖို့ အရေးကြီးတယ်။
- ဒီစာအုပ်ရဲ့ရည်ရွယ်ချက်က နိုင်ငံရေးသမားတွေရဲ့လွဲမှားတဲ့ အချက်အလက်တွေကနေ အမှန်တရားကို ခွဲထုတ်ပြဖို့ပါ။

အခန်း (၂) – စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှုများ: မီးမှ လျှပ်စစ်သို့

ဒီအခန်းက လူသားတွေရဲ့စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုသမိုင်းကို ပြန်ကြည့်တယ်။

- **သစ်သားခေတ်** – လူတွေဟာ ထင်းတွေ၊ သစ်သားတွေကို မီးရှို့ပြီး အပူနဲ့ အလင်းရရှိခဲ့တယ်။ ဒါပေမယ့် လူဦးရေတိုးလာတာနဲ့အမျှ သစ်တောတွေ ပြုန်းတီးလာတယ်။

- **ကျောက်မီးသွေးခေတ်** – သစ်သားဈေးတက်လာတော့ လူတွေက ကျောက်မီးသွေးကို ပြောင်းသုံးလာကြတယ်။ ကျောက်မီးသွေးက စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆ ပိုများပြီး သယ်ရလွယ်တယ်။ ဒါပေမယ့် လေထုညစ်ညမ်းမှုကိုတော့ ဖြစ်စေတယ်။
- **လျှပ်စစ်မွေးဖွားခြင်း** – Thomas Edison က ပထမဆုံး လျှပ်စစ်ဓာတ်အားပေးစက်ရုံကို ၁၈၈၂ မှာ တည်ဆောက်ခဲ့တယ်။ ဒီစက်ရုံတွေက ကျောက်မီးသွေးကို သုံးပြီး လျှပ်စစ်ထုတ်တယ်။
- **နျူကလီးယားစွမ်းအင်** – ကျောက်မီးသွေးအစား နျူကလီးယားကို သုံးဖို့ ကြိုးစားခဲ့ပေမယ့် ဆောက်လုပ်ရေးနဲ့ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းစရိတ်တွေ အရမ်းများလွန်းလို့ မအောင်မြင်ဘူး။
- **သဘာဝဓာတ်ငွေ့** – ပြွန်လိုင်းတွေ ဖောက်လုပ်နိုင်လာတဲ့အခါ သဘာဝဓာတ်ငွေ့ကို လျှပ်စစ်ထုတ်ဖို့ သုံးလာကြတယ်။ fracking နည်းပညာကြောင့် ဓာတ်ငွေ့ဈေးလည်း ကျလာတယ်။

စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှုတွေရဲ့ သင်ခန်းစာကတော့ **ဈေးနှုန်းက အဓိကမောင်းနှင်အား** ဖြစ်တယ်ဆိုတာပါပဲ။

အခန်း (၃) – ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်၏ ထွန်းကားလာမှု

ဒီအခန်းက ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင် အမျိုးအစားတွေကို မိတ်ဆက်ပေးတယ်။

- **ရေအားလျှပ်စစ်** – သိပ်ကို အရေးပါပေမယ့် တမံဆည်တွေ ဆောက်ဖို့ နေရာတွေ ကုန်သွားပြီ။
- **ဇီဝလောင်စာ** (Biofuels) – ပြောင်းဖူးနဲ့ ကြံကနေ ထုတ်လုပ်တယ်။ ဒါပေမယ့် ထိရောက်မှု နည်းပြီး မြေယာလည်း အများကြီး လိုတယ်။
- **ဘူမိအပူစွမ်းအင်** (Geothermal) – တည်ငြိမ်ပြီး ဈေးသက်သာပေမယ့် သုံးလို့ရတဲ့ နေရာအနည်းငယ်ပဲ ရှိတယ်။

- **လေနဲ့ နေစွမ်းအင်** – ဒါတွေက ဈေးသက်သာပြီး ကမ္ဘာတစ်ဝှမ်းမှာ ပေါများတာကြောင့် ဒီစာအုပ်ရဲ့ အဓိကအာရုံစိုက်ရာ ဖြစ်တယ်။

အခန်း (၄) – လေစွမ်းအင်

လေအားစွမ်းအင်ရဲ့ အခြေခံအကြောင်းကို ရှင်းပြတယ်။

- လေတာဘိုင်တွေက **ပိုကြီးလေ ပိုကောင်းလေ** ဖြစ်တယ်။ ဘာလို့လဲဆိုတော့ လေတိုက်နှုန်းက ပိုမြင့်တဲ့နေရာမှာ တပ်ဆင်လို့ရပြီး ပန်ကာလက်တွေ ပိုရှည်လေလေ လေကို ဖမ်းယူနိုင်တဲ့ ဧရိယာ ပိုကျယ်လေလေ ဖြစ်တယ်။
- **Capacity Factor** ဆိုတာ တကယ်ထုတ်လုပ်နိုင်တဲ့ လျှပ်စစ်ပမာဏနဲ့ အများဆုံးထုတ်လုပ်နိုင်တဲ့ ပမာဏရဲ့ အချိုးပါ။ onshore လေအားခြံတွေရဲ့ capacity factor က ၃၅% ဝန်းကျင်ရှိတယ်။
- **Learning Curve** ကြောင့် လေအားစွမ်းအင်ရဲ့ ဈေးနှုန်းက ၁၉၈၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေက တစ် MWh ကို ၅၀၀၀ကနေ၂၀၁၇မှာ၄၅ အထိ ကျဆင်းသွားတယ်။
- လယ်သမားတွေက သူတို့ရဲ့ မြေကွက်တွေကို လေတာဘိုင်တွေ ဆောက်ဖို့ ငှားပြီး အပိုဝင်ငွေရနိုင်တယ်။
- စိန်ခေါ်မှုတွေကတော့ လေတိုက်မှသာ လျှပ်စစ်ထွက်တဲ့ **intermittency** (ပြတ်တောင်းပြတ်တောင်းဖြစ်မှု) နဲ့ အိမ်နီးချင်းတွေရဲ့ ကန့်ကွက်မှု (NIMBY) ပါ။

အခန်း (၅) – နေစွမ်းအင်

နေစွမ်းအင်ရဲ့ သမိုင်းနဲ့ စီးပွားရေးကို ရှင်းပြတယ်။

- Albert Einstein က photoelectric effect ကို ၁၉၀၅ မှာ ရှင်းပြခဲ့တယ်။

- ပထမဆုံး ဆိုလာပြားကို Bell Labs က ၁၉၅၀ လောက်မှာ တီထွင်ခဲ့ပြီး NASA က အာကာသယာဉ်တွေမှာ စသုံးခဲ့တယ်။
- **Swanson's Law** အရ ဆိုလာပြား ထုတ်လုပ်မှု နှစ်ဆတိုးတိုင်း ဈေးနှုန်းက ၂၀% ကျဆင်းတယ်။
- ၂၀၀၀ ခုနှစ်က တစ်ဝပ် (watt) ကို ၅ရှိခဲ့တဲ့ဆိုလာပြားဈေးက၂၀၁၇မှာ၀.၂၉ ထိ ကျသွားတယ်။
- ဆိုလာပရောဂျက်တွေကို **လူနေအိမ်သုံး (residential)**၊ **စီးပွားရေးသုံး (commercial)** နဲ့ **စက်မှုသုံး (utility-scale)** ဆိုပြီး သုံးမျိုးခွဲတယ်။
- ဆိုလာရဲ့ LCOE က ၇ နှစ်အတွင်း ၈၅% ကျဆင်းသွားပြီး ကျောက်မီးသွေးနဲ့ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေထက် ဈေးသက်သာလာတယ်။

အခန်း (၆) – ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင် ဘဏ္ဍာငွေဆိုင်ရာ

ဒီအခန်းက ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်စီမံကိန်းတွေကို ဘယ်လိုရန်ပုံငွေရှာသလဲဆိုတာ ရှင်းပြတယ်။

- **အစိုးရမက်လုံးများ** – Feed-in Tariffs (သတ်မှတ်ဈေးနဲ့ ဝယ်ယူခြင်း)၊ Tax Credits (အခွန်လျှော့ချခြင်း)၊ Auctions (လေလံဆွဲခြင်း)၊ RPS (လိုအပ်ချက်သတ်မှတ်ခြင်း) နဲ့ Carbon Markets (ကာဗွန်ဈေးကွက်) တွေကို သုံးတယ်။
- **Project Finance** – ကြီးမားတဲ့ စီမံကိန်းတွေအတွက် အနာဂတ်ဝင်ငွေကို အာမခံပြီး ငွေချေးယူတဲ့ နည်းလမ်းပါ။
- **Solar Leasing** – အိမ်ပိုင်ရှင်တွေကို ရှေ့ငွေမကုန်ဘဲ ဆိုလာပြားတပ်ဆင်နိုင်စေတယ်။
- **Pay-As-You-Go** – ဖွံ့ဖြိုးဆဲနိုင်ငံတွေမှာ အပိုင်းလိုက်ငွေပေးပြီး ဆိုလာသုံးနိုင်တယ်။
- အဖွဲ့အစည်းဆိုင်ရာ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံသူတွေ (ပင်စင်ရန်ပုံငွေ၊ အာမခံကုမ္ပဏီတွေ) က နှစ်စဉ် $၂၀၀ ဘီလီယံကျော် ရင်းနှီးမြှုပ်နှံနေပြီ။

အခန်း (၇) – စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှု: မြင်းစာမှ ရေနံသို့

ဒီအခန်းက သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးကဏ္ဍရဲ့အသွင်ကူးပြောင်းမှုကို ပြန်ကြည့်တယ်။

- ၁၉၀၀ ပြည့်နှစ်က လန်ဒန်မှာ မြင်းပေါင်း ၅၀,၀၀၀ ကျော်ရှိပြီး သူတို့အတွက် မြင်းစာနဲ့ စွန့်ပစ်ပစ္စည်းတွေက ကြီးမားတဲ့ ပြဿနာဖြစ်ခဲ့တယ်။
- Carl Benz က ၁၈၈၅ မှာ ပထမဆုံး ဓာတ်ဆီကားကို တီထွင်ခဲ့တယ်။
- ရေနံရဲ့စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆက ကျောက်မီးသွေးထက် ပိုမြင့်တာကြောင့် သင်္ဘောတွေနဲ့ ကားတွေအတွက် ပိုကောင်းတယ်။
- ဒီအသွင်ကူးပြောင်းမှုက နေးကွေးပေမယ့် စီးပွားရေးအရ အားသာချက်ကြောင့် နောက်ဆုံးမှာ အောင်မြင်သွားတယ်။

အခန်း (၈) – လျှပ်စစ်ကားများ ထွန်းကားလာမှု

လျှပ်စစ်ကားတွေရဲ့သမိုင်းနဲ့ အနာဂတ်ကို ရှင်းပြတယ်။

- ၁၉၀၀ ပြည့်နှစ်လောက်က အမေရိကမှာ ကားသုံးပုံတစ်ပုံက လျှပ်စစ်ကားတွေဖြစ်ပေမယ့် ဘက်ထရီ စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆ နည်းတာကြောင့် ပျောက်ကွယ်သွားတယ်။
- ၂၀၀၃ မှာ Tesla ကို တည်ထောင်ပြီး စျေးကြီးတဲ့ အားကစားကားကနေ စတင်ခဲ့တယ်။
- Tesla က လက်ပ်တော့နဲ့ ဖုန်းတွေမှာ သုံးတဲ့ **လီသီယမ်-အိုင်းယွန်း ဘက်ထရီ**တွေကို သုံးပြီး ကားတွေအတွက် နည်းပညာကို အသုံးချခဲ့တယ်။ (အထူးဘက်ထရီ မတီထွင်ဘဲ)
- **Gigafactory** ကို ဆောက်ပြီး ဘက်ထရီစျေးကို ၃၀% လျှော့ချနိုင်ခဲ့တယ်။
- **Range Anxiety** ဆိုတာ ဘက်ထရီကုန်သွားမှာစိုးတဲ့ စိုးရိမ်မှုပါ။ Tesla က မိုင် ၂၀၀-၃၀၀ မောင်းနှင်နိုင်အောင် လုပ်ပေးပြီး Supercharger တွေ တပ်ဆင်ပေးခဲ့တယ်။
- Nissan Leaf က စျေးသက်သာတဲ့ လျှပ်စစ်ကားအနေနဲ့ အောင်မြင်ခဲ့တယ်။

အခန်း (၉) – ညီမျှမှု (Parity)

ဒီအခန်းက **Grid Parity** ဆိုတဲ့ အယူအဆကို ရှင်းပြတယ်။

- Grid Parity ဆိုတာ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ရဲ့ ဈေးနှုန်းက ကျောက်မီးသွေး၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေနဲ့ ညီမျှတဲ့အခြေအနေပါ။
- အမေရိကန်ပြည်နယ် ၂၀ မှာ ဆိုလာစွမ်းအင်က grid parity ကို ရောက်နေပြီ။
- စီးပွားရေးလုပ်ငန်းကြီးတွေ (Apple, Walmart) က ကုန်ကျစရိတ်သက်သာလို့ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကို ပြောင်းသုံးနေတယ်။
- လျှပ်စစ်ကားတွေအတွက် **Price Parity** က ၂၀၂၀-၂၀၂၅ လောက်မှာ ဖြစ်လာမယ်လို့ ခန့်မှန်းထားတယ်။ ဒါဆိုရင် လျှပ်စစ်ကားဈေးက ဓာတ်ဆီကားဈေးနဲ့ ယှဉ်ပြိုင်နိုင်လာမယ်။
- Warren Buffett ရဲ့ Berkshire Hathaway က ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကို ရင်းနှီးမြှုပ်နှံနေတယ်။

အခန်း (၁၀) – ပေါင်းစည်းမှု (Convergence)

ဒီအခန်းက လျှပ်စစ်ကားနဲ့ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်တွေ ဘယ်လို ပေါင်းစည်းသွားမလဲဆိုတာ ရှင်းပြတယ်။

- နေနဲ့ လေအားက **intermittent** (ပြတ်တောင်းပြတ်တောင်း) ဖြစ်တာကြောင့် သိုလှောင်ဖို့ လိုတယ်။
- လျှပ်စစ်ကားတွေက **ဘီးပေါ်က ဘက်ထရီတွေ** ပါ။ သူတို့ကို လျှပ်စစ်ဓာတ်အားလိုင်းနဲ့ ချိတ်ဆက်ပြီး **V2G (Vehicle-to-Grid)** နည်းပညာသုံးရင် ပိုလျှံတဲ့ လျှပ်စစ်ကို သိုလှောင်ပြီး လိုအပ်ချိန်မှာ ပြန်ထုတ်ပေးနိုင်တယ်။
- California ရဲ့ **duck curve** က နေ့ခင်းဘက်မှာ နေအားလျှပ်စစ် အများကြီးထွက်ပြီး ညနေပိုင်းမှာ လိုအပ်ချက်က များနေတာကို ပြထားတယ်။ ဒီပြဿနာကို ဘက်ထရီသိုလှောင်မှုက ဖြေရှင်းပေးနိုင်တယ်။

- ဘက်ထရီစျေးက ဆက်ကျဆင်းနေပြီး Gigafactory တွေ ဆောက်လာတာနဲ့အမျှ သိုလှောင်မှုစရိတ်က ပိုသက်သာလာမယ်။

အခန်း (၁၁) – အကျိုးဆက်များ

ဒီအခန်းက ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကို ကူးပြောင်းခြင်းရဲ့ သက်ရောက်မှုတွေကို ဆွေးနွေးတယ်။

- **ပထဝီနိုင်ငံရေးအရ** – ရေနံတင်ပို့တဲ့နိုင်ငံတွေ ဝင်ငွေကျလာမယ်။ တရုတ်နဲ့ အိန္ဒိယလိုမျိုး ရေနံဝယ်သုံးနေရတဲ့နိုင်ငံတွေ အကျိုးရှိမယ်။
- **စီးပွားရေးအရ** – ကျောက်မီးသွေးကုမ္ပဏီတွေ ဒေဝါလီခံနေရပြီ။ ဥရောပ utility တွေ ရှယ်ယာတန်ဖိုး ကျဆင်းနေတယ်။ ဒါပေမယ့် ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကဏ္ဍမှာ အလုပ်အကိုင်တွေ တိုးလာတယ်။
- **ကျန်းမာရေးအရ** – ကျောက်မီးသွေးကနေ ထွက်တဲ့ အမှုန်ညစ်ညမ်းမှုက နှလုံးရောဂါ၊ အဆုတ်ကင်ဆာတွေ ဖြစ်စေတယ်။ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကို ပြောင်းရင် လေထုသန့်လာပြီး သက်တမ်းပိုရှည်လာမယ်။
- **ရာသီဥတုအရ** – ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ် ထုတ်လွှတ်မှုက ကမ္ဘာကြီးပူနွေးလာမှုကို ဖြစ်စေတယ်။ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကို ကူးပြောင်းခြင်းက ဒီပြဿနာကို ဖြေရှင်းနိုင်တဲ့ အဓိကနည်းလမ်းပါ။

အခန်း (၁၂) – အချိန်မဆွဲငံနိုင်တော့ပါ

နောက်ဆုံးအခန်းက ရာသီဥတုပြောင်းလဲမှုကို တိုက်ဖျက်ဖို့ အချိန်မီဆောင်ရွက်ရမယ်လို့ အလေးပေးထားတယ်။

- လက်ရှိ ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ် ပမာဏက ၄၁၁ ppm ရှိပြီး နှစ်စဉ် ၂ ppm နှုန်းတိုးနေတယ်။
- သိပ္ပံပညာရှင်တွေက ၄၅၀ ppm ထက် မမြင့်အောင် ထိန်းဖို့ သတိပေးထားတယ်။

- အသွင်ကူးပြောင်းမှုကို ဆယ်နှစ်လောက်နှောင့်နှေးရင် CO_2 ပမာဏက ၄၅၀ ppm ကျော်သွားပြီး ပြန်မဆယ်နိုင်တော့တဲ့ သက်ရောက်မှုတွေ ဖြစ်လာမယ်။
- ဘက်ထရီစျေးက တစ် kWh ကို $၁၀၀ အောက်ရောက်ရင် ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်နဲ့ သိုလှောင်မှုက ကျောက်မီးသွေးနဲ့ ယှဉ်ပြိုင်နိုင်မယ်။
- အစိုးရတွေအနေနဲ့ မူဝါဒတွေ ချမှတ်ပြီး အသွင်ကူးပြောင်းမှုကို အရှိန်မြှင့်ပေးဖို့ လိုအပ်တယ်။

ဒီစာအုပ်က ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ဟာ စျေးသက်သာလာပြီး ရေနံ၊ ကျောက်မီးသွေးတွေကို အစားထိုးနိုင်တဲ့ အခြေအနေကို ရောက်ရှိနေပြီဆိုတာ ရှင်းပြထားတယ်။ လျှပ်စစ်ကားတွေနဲ့ ပေါင်းစပ်သွားတဲ့အခါ သိုလှောင်မှုပြဿနာလည်း ဖြေရှင်းနိုင်မယ်။ ဒါပေမယ့် ရာသီဥတုပြောင်းလဲမှုကို ရှောင်လွှဲဖို့ အချိန်မဆွဲငံဘဲ အရှိန်မြှင့်ဆောင်ရွက်ဖို့ လိုအပ်တယ်လို့ သတိပေးထားတယ်။

အခန်း (၁) – ၂၁ ရာစုမှာ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင် (Renewable Energy in the Twenty-First Century)

အခန်း (၁) အကျဉ်းချုပ် – ဘာတွေပါလဲ?

ဒီအခန်းက စာအုပ်ရဲ့ **နိဒါန်း (Introduction)** သဘောမျိုးပါ။ စာရေးသူက ဒီစာအုပ်ကို ဘာကြောင့်ရေးတယ်၊ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ဆိုတာဘာလဲ၊ ဘာကြောင့် အရေးကြီးတယ်၊ ဘယ်လိုအကျိုးဆက်တွေရှိမယ်ဆိုတာကို ခြုံငုံပြီး မိတ်ဆက်ပေးထားပါတယ်။

ဒီအခန်းကို အပိုင်း (၄) ပိုင်းခွဲပြီး ရှင်းပြမယ်။

(၁) နိဒါန်း – စာအုပ်ရေးရသည့် အကြောင်းရင်း

စာရေးသူ Bruce Usher က Columbia Business School မှာ ပါမောက္ခဖြစ်ပြီး ရင်းနှီးမြှုပ်နှံသူတစ်ယောက်လည်းဖြစ်တယ်။ သူ့သူငယ်ချင်းတစ်ယောက်ရဲ့ တိုက်ခန်းအပေါ်ထပ်မှာ ဆိုလာပြားတွေ တပ်ဆင်ထားတာကို သွားကြည့်ရာကနေ ဒီစာအုပ်ကို စဉ်းစားမိခဲ့တယ်။

ဖြစ်ရပ်လေးက ဒီလိုပါ။

- သူငယ်ချင်းအုပ်စုလိုက် ဆိုလာပြားတွေကို လာကြည့်ကြတယ်။
- သူငယ်ချင်းတစ်ယောက်က "ဒီဆိုလာပြားတွေ တစ်တိုက်လုံးအတွက် လျှပ်စစ်ကုန်နိုင်မှာလား" လို့ မေးတယ်။
- နောက်တစ်ယောက်က "ဒါက ရင်းနှီးမြှုပ်နှံမှုအတွက် မကောင်းဘူးထင်တယ်" လို့ ပြောတယ်။
- နောက်တစ်ယောက်ကတော့ "ဆိုလာက အမြဲတမ်း အစိုးရထောက်ပံ့ကြေး လိုမှာပဲ" လို့ ထင်မြင်ချက်ပေးတယ်။

ဒါပေမယ့် သူတို့အားလုံးရဲ့ထင်မြင်ချက်တွေက **မှားယွင်းနေတယ်**။ ဒီကနေ စာရေးသူက "ဘာကြောင့် လူတွေက ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်အကြောင်း ဒီလောက်နည်းနည်းပဲ သိကြတာလဲ" ဆိုတဲ့ မေးခွန်းကို စတွေးမိတယ်။

အဖြေကတော့ – **နိုင်ငံရေးသမားတွေရဲ့လွဲမှားတဲ့ သတင်းအချက်အလက်တွေ** (misinformation) ကြောင့်ပါ။ လူထုဆွေးနွေးပွဲတွေ၊ ရွေးကောက်ပွဲ ကြော်ငြာတွေမှာ အမှန်တရားက ဝေဝါးနေတတ်တယ်။

(၂) ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ရဲ့ထွန်းကားလာမှု (The Rise of Renewables)

ဒီအပိုင်းမှာ သမိုင်းကြောင်းနဲ့ လက်ရှိအခြေအနေကို နှိုင်းယှဉ်ပြထားတယ်။

- **သမိုင်းကြောင်း** – လူသားတွေဟာ သစ်သားကနေ ကျောက်မီးသွေးကို ကူးပြောင်းခဲ့ဖူးတယ်။ ပြီးတော့ မြင်းစာကနေ ရေနံ (ဓာတ်ဆီ) ကို သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးအတွက် ကူးပြောင်းခဲ့တယ်။ အဓိကအကြောင်းရင်းက **စျေးသက်သာပြီး ပိုကောင်းတဲ့ ထုတ်ကုန်** ရှိလို့ပဲ။
- **လက်ရှိအခြေအနေ** – အခုတစ်ခါလည်း အလားတူပဲ။ လေအား‌နဲ့ နေအားစွမ်းအင်က ကျောက်မီးသွေး၊ ရေနံ၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေထက် စျေးသက်သာလာပြီ။

ဥပမာတွေကြည့်ရင် –

- **Texas** – အမေရိကန်ရဲ့ရေနံကုမ္ပဏီတွေ အများဆုံးရှိတဲ့ပြည်နယ်ပါ။ ဒါပေမယ့် ၂၀၁၇ မှာ လေအားစွမ်းအင်က လျှပ်စစ်ထုတ်လုပ်မှုရဲ့ ၁၇% ကို ထောက်ပံ့ပေးပြီး မကြာခင် ကျောက်မီးသွေးကို ကျော်တက်တော့မယ်လို့ ခန့်မှန်းထားတယ်။
- **Great Britain (ယူကေ)** – စက်မှုတော်လှန်ရေးရဲ့ပုခုံးဖြစ်တဲ့ နိုင်ငံပါ။ ၂၀၁၇ ခုနှစ် ဧပြီလ ၂၁ ရက်နေ့မှာ နှစ်ပေါင်း ၄၀၀ ကျော် ပထမဆုံးအကြိမ် တစ်ရက်လုံး ကျောက်မီးသွေးမသုံးဘဲ နေခဲ့တယ်။
- **Saudi Arabia** – ကမ္ဘာ့အကြီးဆုံး ရေနံသိုက်တွေရှိတဲ့နိုင်ငံ။ ဒါပေမယ့် ကမ္ဘာ့အကြီးဆုံး နေအားစွမ်းအင်စီမံကိန်းတွေ တပ်ဆင်နေတယ်။

ဒီတော့ လေနဲ့ နေအားက **အလျင်မြန်ဆုံး ကြီးထွားလာတဲ့ စွမ်းအင်အရင်းအမြစ်** ဖြစ်လာတယ်။ နည်းပညာတွေ တိုးတက်လာလေ၊ ကုန်ကျစရိတ်တွေ ကျဆင်းလာလေ၊ ဝယ်လိုအားတွေ တိုးလာလေ ဆိုတဲ့ **ကောင်းကျိုးသံသရာ (virtuous cycle)** ဖြစ်ပေါ်နေတယ်။

(၃) သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးကဏ္ဍမှာ အသွင်ကူးပြောင်းမှု (Transition in Transportation)

လွန်ခဲ့တဲ့ နှစ်ပေါင်း ၁၀၀ လောက်က မြင်းတွေအစား ဓာတ်ဆီကားတွေ ပေါ်လာခဲ့တယ်။ အခုတော့ နောက်ထပ် အသွင်ကူးပြောင်းမှုတစ်ခု ဖြစ်နေပြီ – **ဓာတ်ဆီကားကနေ လျှပ်စစ်ကား (EV) ဆီကို** ကူးပြောင်းနေတယ်။

ဒါက ဘာကြောင့် ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်အတွက် အရေးကြီးတာလဲဆိုတော့ –

- လျှပ်စစ်ကားတွေ များလာတာနဲ့အမျှ **ဘက်ထရီဈေးတွေ ကျဆင်းလာတယ်**။
- ဘက်ထရီဈေးကျတာနဲ့ **လျှပ်စစ်သိုလှောင်မှု စရိတ်လည်း ကျဆင်းလာတယ်**။
- လေနဲ့ နေအားက ဈေးသက်သာပေမယ့် လေမတိုက်တဲ့အခါ၊ နေမထွက်တဲ့အခါ **လျှပ်စစ်မထွက်ဘူး (intermittent)**။
- ဒါပေမယ့် ဈေးသက်သာတဲ့ ဘက်ထရီတွေရှိရင် ဒီပြဿနာကို ဖြေရှင်းနိုင်တယ်။

ဒါကြောင့် **လျှပ်စစ်ကားတွေက ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ရဲ့ သိုလှောင်မှုပြဿနာကို ဖြေရှင်းပေးနိုင်တယ်**။

(၄) ဘာကြောင့် ဒီစွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှုက အရေးကြီးတာလဲ? (Why the Energy Transition Matters)

ဒီအပိုင်းက အသွင်ကူးပြောင်းမှုရဲ့ အကျိုးသက်ရောက်မှုတွေကို ခြုံငုံပြထားတယ်။

- **ရာသီဥတုပြောင်းလဲမှုကို ရှောင်လွှဲနိုင်မယ်** – ဒါက အရေးအကြီးဆုံးပါ။
- **ပထဝီနိုင်ငံရေး အပြောင်းအလဲ** – ရေနံတင်ပို့တဲ့နိုင်ငံတွေ ဝင်ငွေကျလာမယ်။ တရုတ်၊ အိန္ဒိယလိုမျိုး ရေနံဝယ်သူတင်သွင်းတဲ့နိုင်ငံတွေ အကျိုးရှိမယ်။

- **ကျန်းမာရေး ကောင်းမွန်လာမယ်** – ကျောက်မီးသွေးသုံးစွဲမှု လျော့ကျတာနဲ့ လေထုညစ်ညမ်းမှု လျော့ကျမယ်။
- **အလုပ်အကိုင်တွေ ဖန်တီးပေးမယ်** – ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်စီမံကိန်းတွေ ဆောက်လုပ်ရာမှာ အလုပ်အကိုင်သန်းချီ ဖန်တီးပေးမယ်။

အနိုင်ရသူနဲ့ အရှုံးပေးသူတွေလည်း ရှိမယ် –

- ရှိရင်းစွဲ ရေနံ၊ ကျောက်မီးသွေးကုမ္ပဏီတွေ ဒေဝါလီခံနိုင်တယ်။
- တချို့နိုင်ငံတွေ ဦးဆောင်ပြီး အကျိုးခံစားရမယ်၊ တချို့နောက်ကျကျန်ခဲ့ရင် ဆုံးရှုံးနိုင်တယ်။

အစိုးရတွေရဲ့မူဝါဒတွေက ဒီအသွင်ကူးပြောင်းမှုရဲ့**အရှိန်ကို** သက်ရောက်မှုရှိတယ်။ ဒါပေမယ့် ဦးတည်ချက်ကတော့ ပြောင်းလဲလို့မရတဲ့ **သေချာပေါက် (inevitable)** ဖြစ်တဲ့ အခြေအနေပါ။

(၅) ဒီစာအုပ်ရဲ့သဘောသဘာဝ (A Primer on Renewable Energy)

စာရေးသူက ဒီစာအုပ်ရဲ့ရည်ရွယ်ချက်နဲ့ ဘောင်ကို သတ်မှတ်ထားတယ်။

- **ဒီစာအုပ်က** – ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ရဲ့စီးပွားရေးအခြေခံတွေကို ရှင်းပြတဲ့ **အခြေခံလမ်းညွှန် (primer)** ပါ။
- **အာရုံစိုက်တဲ့အကြောင်းအရာ** – လေအားနဲ့ နေအားကို အဓိကထားပြီး ကျောက်မီးသွေး၊ ရေနံ၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တို့နဲ့ နှိုင်းယှဉ်ထားတယ်။
- **မပါဝင်တဲ့အကြောင်းအရာ** – ကျင့်ဝတ်ပိုင်းဆိုင်ရာ (သဘာဝပတ်ဝန်းကျင်ကို ချစ်လို့ သုံးသင့်တယ်ဆိုတာမျိုး) မပါဘူး။ ဘက်မလိုက်ဘဲ စျေးကွက်အခြေအနေကို သုံးသပ်တယ်။
- **အနာဂတ်ခန့်မှန်းချက်** – အသွင်ကူးပြောင်းမှုက သေချာပေမယ့် ဘယ်အချိန်မှာ၊ ဘယ်လိုအကျိုးဆက်တွေဖြစ်မယ်ဆိုတာ အတိအကျ ပြောဖို့ခက်တယ်။ ဒါပေမယ့် အနိုင်ရသူ၊ အရှုံးပေးသူတွေ ပေါ်လာမယ်။

အချုပ်အားဖြင့် – အခန်း (၁) ရဲ့အဓိကအချက် (၅) ချက်

၁. **ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်က ကျောက်မီးသွေးနဲ့ ရေနံတွေထက် ဈေးသက်သာလာပြီ** – Texas, UK, Saudi Arabia မှာတောင် သုံးနေကြပြီ။

၂. **လျှပ်စစ်ကားတွေ တိုးလာတာနဲ့အမျှ ဘက်ထရီဈေးကျလာပြီး ဒါက နေနဲ့လေအားရဲ့ ပြတ်တောင်းပြတ်တောင်းဖြစ်မှုကို ဖြေရှင်းပေးနိုင်တယ်။**

၃. **ဒီအသွင်ကူးပြောင်းမှုက ရာသီဥတု၊ နိုင်ငံရေး၊ စီးပွားရေး၊ ကျန်းမာရေးတွေအတွက် ကြီးမားတဲ့ အကျိုးဆက်တွေရှိတယ်။**

၄. **အနိုင်ရသူနဲ့ အရှုံးပေးသူတွေ ရှိမယ်** – ကုမ္ပဏီတွေအတွက်ရော၊ နိုင်ငံတွေအတွက်ပါ။

၅. **အစိုးရတွေရဲ့မူဝါဒက အရှိန်ကိုပဲ သက်ရောက်နိုင်တယ်၊ ဦးတည်ချက်ကိုတော့ မပြောင်းနိုင်ဘူး။**

ဒါကြောင့် ဒီအခန်းက စာအုပ်တစ်အုပ်လုံးရဲ့ **အခြေခံအုတ်မြစ်** ဖြစ်ပြီး ကျန်တဲ့အခန်းတွေမှာ ဒီအချက်တွေကို အသေးစိတ် ရှင်းပြသွားမှာပါ။

အခန်း (၂) – စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှုများ: မီးမှ လျှပ်စစ်သို့ (Energy Transitions: Fire to Electricity)

အခန်း (၂) အကျဉ်းချုပ် – ဘာအကြောင်းလဲ?

ဒီအခန်းက လူသားတွေရဲ့စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု သမိုင်းကြောင်းကို **မီးခေတ်ကနေ လျှပ်စစ်ခေတ်အထိ** ပြန်ကြည့်ထားတယ်။ အဓိကအားဖြင့် စွမ်းအင်အရင်းအမြစ် (၃) မျိုးရဲ့ အသွင်ကူးပြောင်းမှုကို လေ့လာထားတယ်။

၁. သစ်သား (Wood) → ကျောက်မီးသွေး (Coal)

၂. ကျောက်မီးသွေး (Coal) → နျူကလီးယား (Nuclear) (မအောင်မြင်ခဲ့ဘူး)

၃. ကျောက်မီးသွေး (Coal) → သဘာဝဓာတ်ငွေ့ (Natural Gas) (အောင်မြင်ခဲ့တယ်)

နောက်ဆုံးမှာ ဒီအသွင်ကူးပြောင်းမှုတွေကနေ သင်ခန်းစာ (၄) ချက် ထုတ်နုတ်ထားတယ်။ ဒါတွေကို အသေးစိတ် ကြည့်ရအောင်။

အပိုင်း (၁) – မီးနဲ့ လူ့ယဉ်ကျေးမှုအစ (Civilization Began with Fire)

- လူ့ယဉ်ကျေးမှုရဲ့အစဟာ **မီး** နဲ့ စတယ်လို့ ဆိုပါတယ်။
- ဂရိဒဏ္ဍာရီထဲက **Prometheus** ဆိုတဲ့ နတ်သားက မီးကို လူသားတွေဆီ ခိုးယူပေးတယ်။ ဒါကြောင့် Zeus က သူ့ကို ထာဝရ အပြစ်ပေးခံရတယ်။ ဒါက မီး (စွမ်းအင်) ရဲ့အရေးပါမှုကို ဖော်ပြတယ်။
- နှစ်ထောင်ချီကြာအောင် လူတွေဟာ **သစ်သားနဲ့ အပင်တွေ** ကို မီးရှို့ပြီး အပူ၊ အလင်း၊ ချက်ပြုတ်ဖို့ သုံးခဲ့တယ်။
- ဥရောပမှာ အလယ်ခေတ်တုန်းက သစ်တောတွေ ပေါများလွန်းလို့ ဒီစွမ်းအင်က စျေးသက်သာပြီး အဆုံးမရှိဘူးလို့ ထင်ခဲ့ကြတယ်။
- ဥပမာ – ၁၀၈၆ ခုနှစ် Domesday Book အရ အင်္ဂလန်ရဲ့ ၅၀% က သစ်တောတွေဖြစ်တယ်။

အပိုင်း (၂) – ပထမဆုံး စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှု: သစ်သားကနေ ကျောက်မီးသွေးသို့ (The Transition from Wood to Coal)

ဘာကြောင့် သစ်သားကနေ ကျောက်မီးသွေးကို ပြောင်းခဲ့တာလဲ?

အဓိကအကြောင်းရင်း (၂) ချက်ရှိတယ် –

၁. **သစ်တောတွေ ပြုန်းတီးလာတယ်** – လူဦးရေ တိုးလာလေ၊ အိမ်ဆောက်ဖို့နဲ့ ထင်းသုံးဖို့ သစ်တွေ ပိုလိုလာလေ ဖြစ်တယ်။ အင်္ဂလန်နဲ့ Wales မှာ လူဦးရေက ၁၅၃၀ ခုနှစ်လောက်က ၃ သန်းကနေ ၁၆၉၀ မှာ ၆ သန်းနီးပါး ဖြစ်လာတယ်။

၂. **သစ်သားဈေး မြင့်တက်လာတယ်** – သစ်တောတွေ လျော့လာတာနဲ့အမျှ သစ်သားကို ဝေးဝေးကနေ သယ်လာရတော့ ဈေးတက်လာတယ်။ ၁၇ ရာစု လန်ဒန်မြို့သားတွေ ဒီဈေးတက်မှုကို ခံစားခဲ့ရတယ်။

ကျောက်မီးသွေးရဲ့ အားသာချက်တွေ –

- **စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆ (Energy Density)** ပိုမြင့်တယ် – တူညီတဲ့ ထုထည်အတွက် ကျောက်မီးသွေးက သစ်သားထက် အပူပိုထုတ်နိုင်တယ်။
- တူညီတဲ့ မြေရေိယာမှာ ကျောက်မီးသွေးသိုက်က သစ်တောထက် စွမ်းအင် အဆပေါင်းများစွာ ပိုသိုလှောင်နိုင်တယ်။
- ဒါပေမယ့် ကျောက်မီးသွေးက မြေအောက်ကနေ တူးဖော်ပြီး သယ်ယူရတယ်။

ဘယ်သူတွေ အရင်ပြောင်းသုံးလဲ?

- သစ်သားဈေးတက်လို့ မတတ်နိုင်တဲ့ **ဆင်းရဲသားတွေ** အရင်ပြောင်းတယ်။
- မင်းမျိုးမှူးမတ်တွေက ကျောက်မီးသွေးမီးခိုးနံ့ကို မကြိုက်လို့ ကန့်ကွက်ခဲ့ကြတယ်။ ဒါပေမယ့် ၁၆၀၃ မှာ ဘုရင် James I က ကျောက်မီးသွေးသုံးပြီးမှ လက်ခံလာကြတယ်။

ကျောက်မီးသွေးရဲ့ အရှိန်မြှင့်တက်လာမှု –

- ၁၇၉၀ မှာ James Watt က **ရေနွေးငွေ့အင်ဂျင် (Steam Engine)** ကို တီထွင်ခဲ့တယ်။ ဒီအင်ဂျင်က ကျောက်မီးသွေးနဲ့ အလုပ်လုပ်တယ်။

- ဒါက **စက်မှုတော်လှန်ရေး (Industrial Revolution)** ကို အရှိန်မြှင့်ပေးခဲ့တယ်။
- အမေရိကန်မှာ သစ်တောတွေ ပိုများလို့ ကျောက်မီးသွေးကို နောက်ကျမှ ပြောင်းခဲ့တယ်။ ၁၈၂၆ မှာ Philadelphia မှာ သစ်သားက ကျောက်မီးသွေးထက် ဈေးသက်သာနေသေးတယ်။
- ဒါပေမယ့် မီးရထားလမ်းတွေ ဆောက်လာတာနဲ့ ကျောက်မီးသွေးသယ်ရလွယ်လာပြီး ဈေးကျလာတယ်။ ၁၈၃၀ လောက်က တစ်တန်ကို ၇ – ၁၀ ဒေါ်လာကနေ ၁၈၅၀ လောက်မှာ ၃ ဒေါ်လာအထိ ကျသွားတယ်။

အပိုင်း (၃) – ကျောက်မီးသွေးသုံး လျှပ်စစ်ဓာတ်အား (Coal-Fired Electricity)

- လျှပ်စစ်ကို ၁၈ ရာစုအထိ သိပ်နားမလည်ကြဘူး။ Benjamin Franklin က စွန့်လွှတ်ပြီး လျှပ်စစ်စမ်းသပ်မှုတွေ လုပ်ခဲ့တယ်။
- ၁၈၈၁ မှာ အင်္ဂလန်မှာ ပထမဆုံး လျှပ်စစ်ဓာတ်အားပေးစက်ရုံ ဖွင့်တယ်။ ဒါပေမယ့် မအောင်မြင်ဘူး။
- ၁၈၈၂ မှာ Thomas Edison က New York မြို့မှာ **Pearl Street Station** ကို ဆောက်တယ်။ ဒါက ကမ္ဘာ့ပထမဆုံး စီးပွားဖြစ် ဓာတ်အားပေးစက်ရုံပါ။
- ဒီစက်ရုံက ကျောက်မီးသွေးကို မီးရှို့ပြီး ရေနွေးငွေ့အင်ဂျင်နဲ့ လျှပ်စစ်ထုတ်တယ်။
- အစက မီးလုံး ၄၀၀ အတွက် ဖောက်သည်ပေါင်း ၈၂ ယောက်ပဲရှိပေမယ့် ၂ နှစ်အကြာမှာ မီးလုံး ၁၀,၀၀၀ ကျော် ပါဝါပေးနိုင်ခဲ့တယ်။
- Pearl Street Station က စီးပွားရေးအရ မအောင်မြင်ပေမယ့် Edison ရဲ့ဒီဇိုင်းက ကမ္ဘာတစ်လွှားမှာ ပုံတူကူးခဲ့ကြတယ်။
- ၁၉၀၀ ပြည့်နှစ်မှာတော့ စက်မှုနိုင်ငံတွေမှာ ကျောက်မီးသွေးသုံး အသွင်ကူးပြောင်းမှု ပြီးဆုံးသွားတယ်။

အပိုင်း (၄) – လျှပ်စစ်ထုတ်လုပ်မှုရဲ့ စီးပွားရေး (The Economics of Electricity)

လျှပ်စစ်ဆိုတာ **ကုန်ပစ္စည်းတစ်မျိုး (commodity)** ပါ။ ဆိုလိုတာက ကျောက်မီးသွေးကနေထုတ်တဲ့ လျှပ်စစ်နဲ့ သဘာဝဓာတ်ငွေ့ကနေထုတ်တဲ့ လျှပ်စစ်က အတူတူပဲ။ ဒါကြောင့် ဈေးနှုန်းက အဓိကဆုံးဖြတ်ချက် ဖြစ်လာတယ်။

ဘယ်လိုနှိုင်းယှဉ်မလဲ?

စွမ်းအင်ရင်းမြစ်တွေရဲ့ ကုန်ကျစရိတ်ကို နှိုင်းယှဉ်ဖို့ **LCOE (Levelized Cost of Electricity)** ဆိုတဲ့ တွက်နည်းကို သုံးတယ်။

- LCOE ဆိုတာ ဓာတ်အားပေးစက်ရုံတစ်ခုရဲ့ **သက်တမ်းတစ်လျှောက် ကုန်ကျစရိတ်အားလုံးကို ထုတ်လုပ်နိုင်တဲ့ လျှပ်စစ်ပမာဏနဲ့ စားပြီး** တွက်တဲ့ ကိန်းဂဏန်းပါ။
- ဒါက **ပန်းသီးနဲ့ ပန်းသီး** နှိုင်းယှဉ်သလိုမျိုး ဖြစ်သွားတယ်။

ဥပမာ – ဘာတွေ ကွာခြားလဲ?

- ကျောက်မီးသွေးစက်ရုံ – ဆောက်ရတာ ဈေးသက်သာပေမယ့် လောင်စာကုန်ကျစရိတ် များတယ်။
- သဘာဝဓာတ်ငွေ့စက်ရုံ – ဆောက်ရတာ ပိုဈေးကြီးပေမယ့် လည်ပတ်စရိတ် သက်သာတယ်။
- နျူကလီးယားစက်ရုံ – ဆောက်ရတာ အရမ်းဈေးကြီးပေမယ့် လောင်စာကုန်ကျစရိတ် အရမ်းနည်းတယ်။
- လေနဲ့ နေအားစက်ရုံ – ဆောက်ရတာ ဈေးကြီးပေမယ့် လောင်စာကုန်ကျစရိတ် (လေနဲ့ နေရောင်) က အခမဲ့ပဲ။

ဒါကြောင့် LCOE က ဒီလိုကွာခြားချက်တွေကို တစ်ပုံစံတည်းနဲ့ နှိုင်းယှဉ်ပေးနိုင်တယ်။

အပိုင်း (၅) – ဒုတိယမြောက် အသွင်ကူးပြောင်းမှု (မအောင်မြင်ခဲ့တဲ့ အကြောင်းအရင်း): ကျောက်မီးသွေးကနေ နျူကလီးယားသို့ (The Economics of Nuclear Power)

- ၁၉၅၃ ခုနှစ် သမ္မတ Eisenhower ရဲ့ "Atoms for Peace" မိန့်ခွန်းက နျူကလီးယားစွမ်းအင်ရဲ့အနာဂတ်ကို ကြွေးကြော်ခဲ့တယ်။
- ၁၉၅၇ မှာ အမေရိကန်မှာ ပထမဆုံး နျူကလီးယားဓာတ်ပေါင်းဖို စတင်လည်ပတ်တယ်။
- ၁၉၇၃ ခုနှစ် တစ်နှစ်တည်းမှာ အမေရိကန် ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေက နျူကလီးယားစက်ရုံ ၄၁ ရုံကို မှာယူခဲ့တယ်။
- ၁၉၈၈ မှာ အမေရိကန်ရဲ့လျှပ်စစ်ထုတ်လုပ်မှုရဲ့၂၀% က နျူကလီးယားကနေ ဖြစ်လာတယ်။

ဘာကြောင့် မအောင်မြင်ခဲ့တာလဲ?

- ၁၉၇၉ ခုနှစ် **Three Mile Island** မတော်တဆမှုကြီး ဖြစ်ခဲ့တယ်။ ရေဒီယိုသတ္တိကြွဓာတ်ငွေ့တွေ ယိုစိမ့်ပြီး သန့်ရှင်းရေးအတွက် $၁ ဘီလီယံ ကုန်ကျခဲ့တယ်။
- ဒီဖြစ်ရပ်အပြီးမှာ စည်းမျဉ်းတွေ တင်းကျပ်လာတယ်၊ ဆောက်လုပ်ရေးစရိတ်တွေ တက်လာတယ်၊ ပြည်သူ့ကန့်ကွက်မှုတွေ ပိုများလာတယ်။
- **အဓိကအကြောင်းရင်းက စီးပွားရေးပဲ** – Lazard ရဲ့ခန့်မှန်းချက်အရ နျူကလီးယားရဲ့ LCOE က ကျောက်မီးသွေး၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့၊ လေ၊ နေအားတွေထက် နှစ်ဆနီးပါး ပိုများတယ်။
- ၂၀၁၇ ခုနှစ်မှာ အမေရိကန်က နျူကလီးယားစက်ရုံ ၆၁ ရုံမှာ ၃၄ ရုံက စုစုပေါင်း $၂.၉ ဘီလီယံ အရှုံးပေါ် ခဲ့တယ်။
- ဒါကြောင့် နျူကလီးယားက ကျောက်မီးသွေးကို အစားထိုးဖို့ မအောင်မြင်ခဲ့ဘူး။

အပိုင်း (၆) – အောင်မြင်တဲ့ အသွင်ကူးပြောင်းမှု: ကျောက်မီးသွေးကနေ သဘာဝဓာတ်ငွေ့သို့ (The Economics of Natural Gas)

- သဘာဝဓာတ်ငွေ့ကို Edison ခေတ်ကတည်းက သိပေမယ့် ပြွန်လိုင်း (pipeline) လိုအပ်လို့ မသုံးဖြစ်ခဲ့ဘူး။
- ၁၉၂၀-၃၀ လောက်မှာ ဂဟေဆက်နည်းပညာ တိုးတက်လာပြီး သံမဏိပြွန်လိုင်းတွေ ဆောက်နိုင်လာတယ်။
- ၁၉၉၀ လောက်မှာ **Combined-Cycle Gas Turbine** ဆိုတဲ့ နည်းပညာအသစ် ပေါ်လာတယ်။ ဒါက အပူကို နှစ်ကြိမ်သုံးပြီး ထိရောက်မှုပိုကောင်းအောင် လုပ်တယ်။
- ၁၉၉၀ ပြည့်နှစ်မှာ ဓာတ်ငွေ့စျေးကို အစိုးရက ဖြေလျှော့ပေးလိုက်တယ် (deregulation)။
- ဥရောပနဲ့ အာရှမှာ သဘာဝဓာတ်ငွေ့ ဝယ်လိုအား မြင့်တက်လာတယ်။

ဒါပေမယ့် စျေးတက်လာတယ် – ဝယ်လိုအား များလာတာနဲ့အမျှ ဓာတ်ငွေ့စျေး တက်လာတယ်။ ဒီပြဿနာကို **Fracking (Hydraulic Fracturing)** နည်းပညာက ဖြေရှင်းပေးတယ်။

Fracking ဆိုတာဘာလဲ?

- ကျောက်လွှာတွေထဲကို ဖိအားမြင့်ရေကို ထိုးသွင်းပြီး သဘာဝဓာတ်ငွေ့ ထုတ်ယူတဲ့ နည်းပညာ။
- Texan ရေနံလုပ်ငန်းရှင် George Mitchell က ဒီနည်းပညာကို ဆယ်စုနှစ်ချီ စမ်းသပ်ပြီး အောင်မြင်ခဲ့တယ်။
- ၂၀၀၀ ကနေ ၂၀၁၅ အတွင်း အမေရိကန်မှာ ဓာတ်အားပေးစက်ရုံအသစ် ၂၂၈ GW တည်ဆောက်ခဲ့ပြီး ကျောက်မီးသွေးသုံး စက်ရုံအသစ်က ၂၀ GW ပဲရှိတယ်။
- ၂၀၁၆ မှာ သဘာဝဓာတ်ငွေ့က ကျောက်မီးသွေးကို ကျော်တက်သွားတယ်။

အပိုင်း (၇) – စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှုတွေကနေ သင်ခန်းစာ (၄) ချက်

ဒါက ဒီအခန်းရဲ့ အနှစ်ချုပ်ပါ။ စာရေးသူက သမိုင်းကနေ သင်ခန်းစာ ၄ ချက် ထုတ်နုတ်ထားတယ်။

၁. **စျေးနှုန်းက အဓိက** – စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှုတွေရဲ့ အဓိကမောင်းနှင်အားက ကုန်ကျစရိတ်ပဲ။ အထူးသဖြင့် လျှပ်စစ်လိုမျိုး အစားထိုးလို့ရတဲ့ ကုန်ပစ္စည်းမျိုးမှာ။

၂. **နှေးကွေးတယ်** – ဈေးသက်သာပေမယ့် စည်းမျဉ်းတွေ၊ ရှိရင်းစွဲလုပ်ငန်းတွေရဲ့ဆန့်ကျင်မှု၊ နည်းပညာအသစ်အပေါ် မသေချာမရေရာမှုတွေကြောင့် အသွင်ကူးပြောင်းမှုက နှေးတယ်။ (ဥပမာ – အင်္ဂလန်မှာ မင်းမျိုးမွှေးမတ်တွေက ကျောက်မီးသွေးကို ကန့်ကွက်ခဲ့တာ)

၃. **နည်းပညာဆန်းသစ်တီထွင်မှုက အရှိန်မြှင့်ပေးတယ်** – Watt ရဲ့ရေနွေးငွေ့အင်ဂျင်က ကျောက်မီးသွေးအသွင်ကူးပြောင်းမှုကို အရှိန်မြှင့်ပေးခဲ့သလိုပဲ။

၄. **မထင်မှတ်တဲ့ အကျိုးဆက်တွေ ရှိတယ်** – သစ်သားကနေ ကျောက်မီးသွေးကို ကူးပြောင်းခြင်းက စက်မှုတော်လှန်ရေးကို ဖြစ်ပေါ်စေပြီး စီးပွားရေးတိုးတက်စေခဲ့ပေမယ့် လူသားတွေရဲ့ ရာသီဥတုပြောင်းလဲမှုကိုလည်း စတင်စေခဲ့တယ်။

အခန်း (၂) ရဲ့နိဂုံး

- လူသားတွေဟာ သစ်သားကနေ ကျောက်မီးသွေးကို ကူးပြောင်းခဲ့တယ် (ပထမအကြိမ်)။
- ကျောက်မီးသွေးကနေ နျူကလီးယားကို ကူးဖို့ ကြိုးစားခဲ့ပေမယ့် စီးပွားရေးအရ မအောင်မြင်ဘူး (ဒုတိယအကြိမ်)။
- ကျောက်မီးသွေးကနေ သဘာဝဓာတ်ငွေ့ကို ကူးပြောင်းခဲ့တယ် (တတိယအကြိမ်)။
- အခုတော့ နောက်ထပ် အသွင်ကူးပြောင်းမှုတစ်ခု စပြီ – **ကျောက်မီးသွေး၊ ရေနံ၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေကနေ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင် (လေနဲ့ နေအား)** ဆီကို ကူးပြောင်းနေပြီ။

ဒါက စာအုပ်ရဲ့နောက်အခန်းတွေမှာ အသေးစိတ် ရှင်းပြသွားမှာပါ။

အခန်း (၃) – ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်များ ထွန်းကားလာမှု (The Rise of Renewables)

အခန်း (၃) အကျဉ်းချုပ် – ဘာအကြောင်းလဲ?

ဒီအခန်းက ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင် အမျိုးအစားအားလုံးကို မိတ်ဆက်ပေးပြီး ဘယ်ဟာတွေက ကျောက်မီးသွေး၊ ရေနံ၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေကို အစားထိုးနိုင်မယ့် အဓိကနေရာမှာ ရပ်တည်နိုင်သလဲဆိုတာ ခွဲခြားပြထားတယ်။

အဓိကအားဖြင့် ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင် အမျိုးအစား (၅) မျိုးကို မိတ်ဆက်ပေးတယ်။

၁. **ရေအားလျှပ်စစ် (Hydropower)** – သမိုင်းအရ အရေးပါဆုံး၊ ဒါပေမယ့် နေရာအကန့်အသတ်ရှိတယ်။

၂. **ဒီရေနဲ့ လှိုင်းစွမ်းအင် (Tidal & Wave)** – စမ်းသပ်ဆဲအဆင့်၊ ဈေးကြီးတယ်။

၃. **ဇီဝလောင်စာ (Biomass & Biofuels)** – သစ်သား၊ ပြောင်းဖူး၊ ကြံတွေကနေ ထုတ်တယ်၊ ဒါပေမယ့် ထိရောက်မှုနည်းတယ်။

၄. **ဘူမိအပူစွမ်းအင် (Geothermal)** – တည်ငြိမ်ပြီး ဈေးသက်သာပေမယ့် သုံးလို့ရတဲ့ နေရာအနည်းငယ်ပဲရှိတယ်။

၅. **လေအားနဲ့ နေအားစွမ်းအင် (Wind & Solar)** – ဒါတွေက ဈေးသက်သာပြီး ကမ္ဘာတစ်ဝှမ်းမှာ ပေါများလို့ ဒီစာအုပ်ရဲ့အဓိကအာရုံစိုက်ရာ ဖြစ်တယ်။

ဒါကို အသေးစိတ် ကြည့်ရအောင်။

အပိုင်း (၁) – နိဒါန်း: ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ရဲ့ကြီးထွားမှု

- ၂၀၁၅ ခုနှစ်မှာ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်အတွက် ရင်းနှီးမြှုပ်နှံမှုက ကျောက်မီးသွေး၊ ရေနံ၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေအတွက် ရင်းနှီးမြှုပ်နှံမှုထက် နှစ်ဆပိုများတယ်။
- တစ်ကမ္ဘာလုံးမှာ တစ်နေ့ကို ဆိုလာပြား ၅၀၀,၀၀၀ ကျော် တပ်ဆင်နေပြီ။
- တရုတ်နိုင်ငံမှာ တစ်နာရီကို လေတာဘိုင်အသစ် ၂ ခု တပ်ဆင်နေတယ်။

- ၂၀၁၇ ကနေ ၂၀၄၀ အတွင်း ဓာတ်အားပေးစက်ရုံအသစ်တွေအတွက် ရင်းနှီးမြှုပ်နှံမှု $၁၀.၂ ထရီလီယံရဲ့ သုံးပုံနှစ်ပုံက ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ဖြစ်မယ်လို့ ခန့်မှန်းထားတယ်။

ဘာကြောင့် ဒီလောက်ကြီးထွားလာတာလဲ?

အဓိကအကြောင်းရင်းက **ဈေးကွက်အရ ယှဉ်ပြိုင်နိုင်လာတာ (cost competitiveness)** ပဲ။ လေအားနဲ့ နေအားစွမ်းအင်က သူများတွေနဲ့ ဈေးပြိုင်နိုင်လာပြီ။

အပိုင်း (၂) – ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင် အမျိုးအစားတွေ

ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ဆိုတာ **သုံးလိုက်လို့ ကုန်သွားတဲ့အထဲမှာ မပါဘူး**၊ သဘာဝအတိုင်း ပြန်ဖြည့်တင်းပေးနိုင်တဲ့ အရင်းအမြစ်ပါ။ ဥပမာ – လေ၊ နေရောင်၊ ရေ၊ ကမ္ဘာ့အတွင်းအပူ၊ အပင်တွေ စသဖြင့်။

အခု အမျိုးအစားတစ်ခုချင်းစီကို ကြည့်ရအောင်။

(က) ရေအားလျှပ်စစ် (Hydropower)

သမိုင်းကြောင်း

- စက်မှုတော်လှန်ရေးတုန်းက အထည်ချုပ်စက်ရုံတွေကို ရေအားနဲ့ မောင်းနှင်ခဲ့တယ်။
- ပထမဆုံး ရေအားလျှပ်စစ်စက်ရုံကို ၁၈၈၂ မှာ ဆောက်ခဲ့တယ်။
- **Hoover Dam** (၁၉၃၆) – ၁,၃၄၅ MW ထုတ်နိုင်တယ်။ အဲဒီတုန်းက ကမ္ဘာ့အကြီးဆုံး ဓာတ်အားပေးစီမံကိန်းပါ။
- **တရုတ်နိုင်ငံရဲ့ Three Gorges Dam** (၂၀၁၂) – ၂၂,၅၀၀ MW ထုတ်နိုင်တယ်။ Hoover Dam ထက် ၁၆ ဆ ပိုကြီးတယ်။ ဒီစီမံကိန်းအတွက် လူပေါင်း ၁.၂ သန်း နေရာရွှေ့ပြောင်းခဲ့ရတယ်။

အကန့်အသတ်တွေ

- ကမ္ဘာ့မြစ်ကြီးတွေအားလုံးနီးပါးမှာ တမံဆည်တွေ ဆောက်ပြီးသွားပြီ။

- နိုင်ငံပေါင်း ၁၅၉ နိုင်ငံမှာ ရေအားလျှပ်စစ်က "ရင့်ကျက်ပြီးသား နည်းပညာ" ဖြစ်နေပြီ။
- အမေရိကန်မှာ ၁၉၇၄ ခုနှစ်က လျှပ်စစ်ထုတ်လုပ်မှုရဲ့၂၀% က ရေအားကနေပါ။ အခုတော့ ၁၆% ထိ ကျဆင်းသွားပြီ။
- ဒါကြောင့် ရေအားက အရေးပါပေမယ့် နောက်ထပ် သိသိသာသာ ချဲ့ထွင်ဖို့ နေရာ မရှိတော့ဘူး။

(ခ) ဒီရေနဲ့ လှိုင်းစွမ်းအင် (Tidal & Wave Power)

- ဒီရေနဲ့ လှိုင်းတွေကနေ စွမ်းအင်ထုတ်တာ။
- လှိုင်းတွေက လေထက် စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆ ပိုများတယ်။ Oregon State University ရဲ့ သုတေသီတွေက သမုဒ္ဒရာထဲက လှိုင်းစွမ်းအင် ၀.၂% ပဲ သုံးရင်တောင် တစ်ကမ္ဘာလုံးအတွက် လုံလောက်မယ်လို့ ဆိုတယ်။
- ဒါပေမယ့် **ဈေးကြီးလွန်းတယ်**။
- လက်ရှိမှာ ပြင်သစ်နဲ့ တောင်ကိုရီးယားနှစ်နိုင်ငံပဲ ကမ္ဘာ့ဒီရေနဲ့ လှိုင်းစွမ်းအင်ရဲ့၉၀% ကို ထုတ်လုပ်နေတယ်။
- ဒါကြောင့် ဒါက ကမ္ဘာ့စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှုအတွက် အဓိကနေရာမှာ မပါဘူး။

(ဂ) အပင်တွေကနေ စွမ်းအင် (Biomass & Biofuels)

ဇီဝလောင်စာ (Biomass) – သစ်သားနဲ့ အပင်တွေကို မီးရှို့တာ။

- ဖွံ့ဖြိုးဆဲနိုင်ငံတွေမှာ ထင်းက ချက်ပြုတ်ဖို့ အဓိက လောင်စာပါ။
- ဆွီဒင်မှာတောင် စွမ်းအင်လိုအပ်ချက်ရဲ့၂၂% ကို သစ်သားကနေ ရတယ်။
- ဒါပေမယ့် သစ်သားက စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆ နည်းတယ်၊ သယ်ရခက်တယ်၊ သစ်တောတွေ ပြန်ပေါက်ဖို့ ဆယ်စုနှစ်ချီ ကြာတယ်။

ဇီဝလောင်စာအရည် (Biofuels) – အပင်တွေကနေ အရက်နဲ့ ဆီထုတ်တာ။

- **Ethanol** – ပြောင်းဖူး၊ ကြံစတာတွေကို အချဉ်ဖောက်ပြီး ထုတ်တယ်။ ဓာတ်ဆီနဲ့ ရောသုံးလို့ရတယ်။
- **Biodiesel** – ဟင်းသီးဟင်းရွက်ဆီကနေ ထုတ်တယ်။ ဒီဇယ်ဆီနဲ့ အစားထိုးလို့ရတယ်။
- အမေရိကန်မှာ ပြောင်းဖူးစိုက်တဲ့ မြေရေိယာ ထက်ဝက်ကျော်ကို ဇီဝလောင်စာအတွက် သုံးနေပြီ (လူစားဖို့ထက် ပိုများနေတယ်)။

ဘာကြောင့် မထိရောက်တာလဲ?

- World Resources Institute (WRI) ရဲ့ လေ့လာမှုအရ ကမ္ဘာ့လောင်စာဆီလိုအပ်ချက်ရဲ့ ၁၀% ကို ၂၀၅၀ မှာ ဇီဝလောင်စာကနေ ဖြည့်ဖို့ဆိုရင် ကမ္ဘာ့စိုက်ပျိုးရေးထွက်ကုန်တစ်နှစ်စာရဲ့ ၃၀% ကို သုံးရမယ်။
- နေရောင်ခြည်စွမ်းအင်က ဇီဝလောင်စာထက် တစ်ဟက်တာကို အဆ ၁၀၀ ကျော် ပိုထိရောက်တယ်။
- ဒုတိယမျိုးဆက် ဇီဝလောင်စာ (သစ်သားအမှုန့်၊ ရေညှိ) က ပိုထိရောက်ပေမယ့် စီးပွားဖြစ် ထုတ်လုပ်နိုင်တဲ့အဆင့် မရောက်သေးဘူး။

(ဃ) ဘူမိအပူစွမ်းအင် (Geothermal Energy)

- ကမ္ဘာအတွင်းပိုင်းအပူကို အသုံးချတာ။
- ဈေးသက်သာပြီး တည်ငြိမ်တယ် (၂၄/၇ ရနိုင်တယ်)။
- ကင်ညာနိုင်ငံမှာ ကမ္ဘာ့အကြီးဆုံး ဘူမိအပူစက်ရုံရှိပြီး နိုင်ငံရဲ့စွမ်းအင်ထုတ်လုပ်မှုရဲ့ ၄၄% ကို ထောက်ပံ့ပေးတယ်။
- ဒါပေမယ့် သုံးလို့ရတဲ့ နေရာက အကန့်အသတ်ရှိတယ်။ ကမ္ဘာ့စွမ်းအင်ထုတ်လုပ်မှုရဲ့ ဝ.၃% ပဲ ရှိတယ်။
- ဒါကြောင့် ကမ္ဘာ့စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှုအတွက် အဓိက မဖြစ်နိုင်ဘူး။

အပိုင်း (၃) – ဒါဆိုရင် ဘယ်ဟာက အဓိက ဖြစ်နိုင်မလဲ?

ဒီအခန်းရဲ့နိဂုံးချုပ်ပါ။

အထက်မှာ ဖော်ပြခဲ့တဲ့ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင် အမျိုးအစားတွေအားလုံး –

- ရေအားလျှပ်စစ်
- ဒီရေနဲ့ လှိုင်းစွမ်းအင်
- ဇီဝလောင်စာ
- ဘူမိအပူစွမ်းအင်

ဒါတွေအားလုံးဟာ **ဈေးကြီးတယ်၊ ဒါမှမဟုတ် ချဲ့ထွင်ဖို့ နေရာအကန့်အသတ်ရှိတယ်၊ ဒါမှမဟုတ် နှစ်ခုစလုံးရှိတယ်**။ ဒါကြောင့် ကျောက်မီးသွေး၊ ရေနံ၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေကို အစားထိုးနိုင်မယ့် အဓိကနေရာမှာ ရပ်တည်ဖို့ မဖြစ်နိုင်ဘူး။

ဒါကြောင့် ကျန်တဲ့ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင် နှစ်မျိုးဖြစ်တဲ့ –

၁. **လေအားစွမ်းအင် (Wind Power)**

၂. **နေအားစွမ်းအင် (Solar Power)**

ဒါတွေက **ဈေးသက်သာပြီး ကမ္ဘာတစ်ဝှမ်းမှာ ချဲ့ထွင်နိုင်တဲ့ အလားအလာရှိတယ်**။

ဒါကြောင့် ဒီစာအုပ်ရဲ့ကျန်တဲ့အခန်းတွေက **လေအားနဲ့ နေအားစွမ်းအင်ကိုပဲ** အဓိကထား ရှင်းပြသွားမှာပါ။

အခန်း (၃) ရဲ့အဓိကအချက် (၅) ချက်

၁. **ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်က ကျောက်မီးသွေး၊ ရေနံ၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေထက် ဈေးသက်သာလာပြီ** – ဒါကြောင့် ကြီးထွားလာတာ။

၂. **ရေအားလျှပ်စစ်က သမိုင်းအရ အရေးပါဆုံး** ဖြစ်ပေမယ့် နောက်ထပ် ချဲ့ထွင်ဖို့ နေရာမရှိတော့ဘူး။

၃. **ဧဝလောင်စာနဲ့ ဘူမိအပူစွမ်းအင်က စျေးသက်သာပေမယ့်** အကန့်အသတ်တွေရှိတယ် (မြေယာ၊ နေရာ၊ ထိရောက်မှု)။

၄. **ဒီရေ၊ လှိုင်းစွမ်းအင်က စမ်းသပ်ဆဲအဆင့်မှာပဲ** ရှိသေးပြီး စျေးလည်း ကြီးတယ်။

၅. **လေအားနဲ့ နေအားစွမ်းအင်ကသာ ကမ္ဘာ့စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှုကို ဦးဆောင်နိုင်မယ့် အဓိက ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်တွေ** ဖြစ်တယ်။

ဒါကြောင့် နောက်အခန်း (၄) နဲ့ (၅) မှာ လေအားနဲ့ နေအားစွမ်းအင်အကြောင်းကို အသေးစိတ် ဆက်လက်ဖတ်ရှုရမှာပါ။

အခန်း (၄) – လေစွမ်းအင် (Renewable Wind Energy)

အခန်း (၄) အကျဉ်းချုပ် – ဘာအကြောင်းလဲ?

ဒီအခန်းက **လေအားစွမ်းအင်** ရဲ့အခြေခံသဘောတရား၊ သမိုင်းကြောင်း၊ စီးပွားရေး၊ အားသာချက်တွေ၊ စိန်ခေါ်မှုတွေကို အသေးစိတ် ရှင်းပြထားတယ်။

အဓိကအကြောင်းအရာ (၅) ပိုင်းခွဲပြီး ရှင်းပြမယ် –
၁. လေအားရဲ့သမိုင်းကြောင်း
၂. လေတာဘိုင် ဘယ်လိုအလုပ်လုပ်လဲ (ပိုကြီးလေ ပိုကောင်းလေ)
၃. လေအားရဲ့စီးပွားရေး (LCOE)
၄. Learning Curve ကြောင့် ဈေးကျဆင်းလာပုံ
၅. စိန်ခေါ်မှုတွေ (intermittency, NIMBY)

အပိုင်း (၁) – လေအားရဲ့သမိုင်းကြောင်း (History of Wind Power)

- လူသားတွေဟာ ဘီစီ ၂၀၀ လောက်ကတည်းက **ပါရှန်းလူမျိုးတွေ** လေရဟတ်တွေ (windmills) ကို စတင်သုံးခဲ့တယ်။ အဓိကအားဖြင့် ဂျုံကြိတ်ဖို့ သုံးတယ်။
- အမေရိကန်မှာ အစောပိုင်း အနေအထိုင်ချသူတွေက လေရဟတ်တွေကို ရေသွင်းဖို့နဲ့ အိမ်သုံးလျှပ်စစ်အတွက် သုံးခဲ့တယ်။
- ဒါပေမယ့် **လျှပ်စစ်မောတ်အားလိုင်း (grid)** ပေါ်လာတဲ့အခါ လေရဟတ်တွေ ပျောက်ကွယ်သွားတယ်။ ဘာလို့လဲဆိုတော့ မောတ်အားလိုင်းက ဈေးသက်သာပြီး ယုံကြည်စိတ်ချရတဲ့ လျှပ်စစ်ကို ပေးနိုင်လို့ပါ။
- **၁၉၇၃ ကမ္ဘာ့စွမ်းအင်အကျပ်အတည်း** ကြောင့် နိုင်ငံအများအပြားက လေအားကို ပြန်လည်စိတ်ဝင်စားလာတယ်။

- **ဒိန်းမတ်** က ဒီကဏ္ဍမှာ ရှေ့ဆောင်ဖြစ်တယ်။ ၁၈၀၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေက Poul La Cour ဆိုတဲ့ သိပ္ပံပညာရှင်ရဲ့ သုတေသနကြောင့်ပါ။ ၁၉၇၉ မှာ ဒိန်းမတ်က ပထမဆုံး ခေတ်မီလေတာဘိုင်ကို တပ်ဆင်ခဲ့တယ်။

အပိုင်း (၂) – ပိုကြီးလေ ပိုကောင်းလေ (Bigger is Better)

လေတာဘိုင်တွေက လေထဲက စွမ်းအင်ကို ဖမ်းယူပြီး လျှပ်စစ်ထုတ်တယ်။
ဘယ်လောက်ထုတ်နိုင်လဲဆိုတာက အချက် (၂) ချက်အပေါ် မူတည်တယ် –

၁. **လေတိုက်နှုန်း (Wind Speed)** – စွမ်းအင်က လေတိုက်နှုန်းရဲ့ **သုံးထပ်ကိန်း (cube)** နဲ့ အချိုးကျတယ်။

- ဥပမာ – လေ ၁၀ mph မှာ စွမ်းအင်က ၁ ဆဆိုရင် ၂၀ mph မှာ စွမ်းအင်က ၈ ဆ ဖြစ်တယ်။ ($2^3 = 8$)
- ဒါကြောင့် လေတာဘိုင်တွေကို **မြင့်မြင့်တပ်လေ လေပိုပြင်းလေ** ဖြစ်တယ်။

၂. **ပန်ကာလက်အရှည်အစား (Blade Length)** – ဖမ်းယူနိုင်တဲ့ ဧရိယာက **အချင်းဝက်² (radius²)** နဲ့ အချိုးကျတယ်။ (ဧရိယာ = πr^2)

- ဥပမာ – ပန်ကာလက် ၆ မီတာကနေ ၁၂ မီတာ ရှည်လာရင် ဖမ်းယူနိုင်တဲ့ ဧရိယာက ၄ ဆ တိုးလာတယ်။ ($2^2 = 4$)

ဒါကြောင့် ပိုမြင့်တဲ့ တာဘိုင် + ပိုရှည်တဲ့ ပန်ကာလက် = စွမ်းအင်အဆများစွာ ပိုထုတ်နိုင်

သမိုင်းကြောင်းအရ ကြီးထွားလာပုံ –

- ၁၉၈၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေ – ပန်ကာလက်အချင်း ၁၅ မီတာ၊ ထုတ်လုပ်နိုင်စွမ်း ၅၀ kW (အိမ် ၁၀ လုံးအတွက် လုံလောက်)
- ၂၀၀၅ – ပန်ကာလက်အချင်း ၁၂၄ မီတာ၊ ထုတ်လုပ်နိုင်စွမ်း ၅,၀၀၀ kW (၅ MW) (အိမ် ၁,၀၀၀ လုံးအတွက် လုံလောက်)
- ဒါကြောင့် နှစ် ၂၀ အတွင်း ထုတ်လုပ်နိုင်စွမ်း **အဆ ၁၀၀** တိုးလာတယ်။

အပိုင်း (၃) – လေအားရဲ့စီးပွားရေး (Economics of Wind Power)

ကုန်ကျစရိတ် ဘာတွေလဲ?

၁. **အရင်းအနှီးကုန်ကျစရိတ် (Capital Cost)** – လေတာဘိုင်ကိုယ်တိုင်က အကြီးဆုံးကုန်ကျစရိတ်ပါ။

- တာဘိုင် (Tower) – သံမဏိနဲ့လုပ်၊ ဒီဇိုင်းရိုးရိုး
- Nacelle – တာဘိုင်အပေါ်ဆုံးက စက်ကိရိယာတွေ၊ ဂီယာစနစ်၊ ထိန်းချုပ်စနစ်၊ ဘရိတ်စနစ် ပါတယ်။
- ပန်ကာလက်တွေ – ပေါ့ပါးပြီး ခံနိုင်ရည်ရှိတဲ့ ပေါင်းစပ်ပစ္စည်း (composite materials) နဲ့လုပ်။
- တပ်ဆင်ခြင်းနဲ့ ဓာတ်အားလိုင်းနဲ့ ချိတ်ဆက်ခြင်း (interconnection)

၂. **Capacity Factor** – ဒါက အရေးအကြီးဆုံး တွက်ချက်မှုပါ။

- Capacity Factor = (တကယ်ထုတ်လုပ်တဲ့ လျှပ်စစ်) / (အများဆုံး ထုတ်လုပ်နိုင်တဲ့ လျှပ်စစ်)
- Onshore လေအားခြံတွေရဲ့ average capacity factor က **၃၅%** ပါ။
- ဥပမာ – ၅ MW တာဘိုင်က capacity factor ၃၅% ဆိုရင် တစ်နှစ်ကို MWh ၁၅,၃၃၀ ထုတ်ပေးတယ်။

၃. **လည်ပတ်စရိတ် (Operating Cost)** – မြေဌားစရိတ်၊ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းစရိတ်။

- ခေတ်မီတာဘိုင်တွေက gearless (ဂီယာမဲ့) ဖြစ်လို့ ပြုပြင်စရိတ် သက်သာတယ်။
- သက်တမ်းက နှစ် ၂၀ ကျော်။

၁၉၈၀-၉၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေမှာ လေအားရဲ့စီးပွားရေး ဘာကြောင့် မကောင်းခဲ့တာလဲ?

- တာဘိုင်တွေ သေးငယ်လို့ လျှပ်စစ်ထွက်နည်းတယ်။
- LCOE က ကျောက်မီးသွေး၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေထက် မြင့်မားတယ်။

- ဒါကြောင့် ဥရောပမှာ အစိုးရက ထောက်ပံ့ကြေးတွေ ပေးခဲ့ရတယ်။ ဒါက လေအားခြံတွေ ဆောက်လုပ်ဖို့ အားပေးခဲ့တယ်။

အပိုင်း (၄) – Learning Curve ကြောင့် LCOE ကျဆင်းလာပုံ

Learning Curve ဆိုတာဘာလဲ?

- ထုတ်လုပ်မှုပမာဏ တိုးလာတိုင်း ကုန်ကျစရိတ် ကျဆင်းတဲ့ သဘောတရားပါ။
- ဥပမာ – စုစုပေါင်းတပ်ဆင်နိုင်စွမ်း (installed capacity) နှစ်ဆတိုးတိုင်း LCOE က ရာခိုင်နှုန်းတစ်ခုအထိ ကျဆင်းတယ်။

လေအားအတွက် ဘယ်လောက်ကျဆင်းလဲ?

- ၁၉၈၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေက LCOE = တစ် MWh ကို $၅၀၀
- ၂၀၁၇ မှာ LCOE = တစ် MWh ကို $၄၅
- ဆိုလိုတာက **၉၀% ကျော် ကျဆင်းသွားတယ်**။

ဥပမာ – ၂၀၁၁ ကနေ ၂၀၁၆ အတွင်း

- စုစုပေါင်းတပ်ဆင်နိုင်စွမ်း ၂၃၈ GW ကနေ ၄၈၇ GW ကို နှစ်ဆတိုးလာတယ်။
- LCOE က ၇၁ကနေ၄၇ ကို ကျဆင်းသွားတယ်။
- ဒါက **Learning Curve ၃၄%** ရှိတယ်လို့ ဆိုလိုတယ် (နှစ်ဆတိုးတိုင်း ၃၄% ကျဆင်း)။

ဒါက ဘယ်လို အလုပ်လုပ်သလဲ? (Virtuous Cycle – ကောင်းကျိုးသံသရာ)

၁. အရောင်းတိုး → ထုတ်လုပ်မှုတိုး
၂. ထုတ်လုပ်မှုတိုး → အတွေ့အကြုံရင့် → ကုန်ကျစရိတ်ကျ
၃. ကုန်ကျစရိတ်ကျ → ဈေးကျ → ဝယ်လိုအားတိုး
၄. ပြန်စပြန်စ သံသရာလည်နေတယ်။

အပိုင်း (၅) – လယ်ယာမြေမှာ လေအားခြံများ (Farming the Wind)

- လေတာဘိုင်တွေကို လယ်သမားတွေရဲ့ မြေကွက်တွေမှာ တပ်ဆင်လေ့ရှိတယ်။
- တာဘိုင်တစ်ခုအတွက် မြေ ၅၀-၁၀၀ ဧက လိုတယ် (တာဘိုင်တွေကြား ခြားထားရတယ်)။
- ဒါပေမယ့် တာဘိုင်ရဲ့ အုတ်မြစ်က ဧက ၁ အောက်ပဲ လိုတယ်။ ဒါကြောင့် လယ်သမားတွေ ကျန်တဲ့မြေကို စိုက်ပျိုးမွေးမြူလို့ရတယ်။
- လယ်သမားတွေ တစ်နှစ်ကို တာဘိုင်တစ်ခုအတွက် ၇,၀၀၀ကနေ၁၀,၀၀၀ ဒှားရမ်းခ ရတယ်။ ဒါက စိုက်ပျိုးရေးထက် အများကြီး ပိုများတယ်။
- အမေရိကန်ရဲ့ လေအားခြံ ၇၀% က **ဝင်ငွေနည်းတဲ့ ကျေးလက်ဒေသ** တွေမှာရှိတယ်။ ဒါကြောင့် ဒေသခံတွေအတွက် အပိုဝင်ငွေ ရစေတယ်။

အပိုင်း (၆) – စိန်ခေါ်မှုများ (Challenges)

၁. Intermittency (ပြတ်တောင်းပြတ်တောင်းဖြစ်မှု)

- လေတိုက်မှသာ လျှပ်စစ်ထွက်တယ်။
- အနိမ့်ဆုံး လေတိုက်နှုန်းက ၇ mph လိုတယ်။
- Capacity factor က ၃၅% ဆိုတာ တစ်နေ့မှာ ၈.၄ နာရီပဲ အပြည့်အဝ လည်ပတ်တယ်လို့ ဆိုလိုတယ်။
- ဒါက **dispatchable** (လိုချင်တဲ့အချိန်ထုတ်လို့ရတဲ့) ကျောက်မီးသွေး၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့၊ နျူကလီးယားတို့နဲ့ မတူဘူး။

J. NIMBYism (Not In My Back Yard)

- အိမ်နီးချင်းတွေက လေတာဘိုင်တွေ မြင်ကွင်းပိတ်မှာစိုးလို့ ကန့်ကွက်တယ်။

- ဥပမာ – Massachusetts ပြည်နယ်က **Cape Wind** စီမံကိန်း။ ၂၀၀၁ ခုနှစ်က အဆိုပြုခဲ့ပေမယ့် ချမ်းသာတဲ့ အိမ်နီးချင်းတွေရဲ့ ကန့်ကွက်မှုကြောင့် ၁၇ နှစ်ကျော် ကြန့်ကြာနေသေးတယ်။

၃. မာတ်အားလိုင်းနဲ့ ဆက်သွယ်မှု (Transmission)

- လေအပြင်းဆုံးနေရာတွေက လူနေထူထပ်တဲ့နေရာတွေနဲ့ ဝေးတယ် (ဥပမာ – Nebraska, Kansas, Dakotas)။
- ဒါကြောင့် မာတ်အားလိုင်းအသစ်တွေ ဆောက်ရတယ်။ ဒါက ကုန်ကျစရိတ်တိုးစေတယ်။

အခန်း (၄) ရဲ့ နိဂုံး – လေအားရဲ့ လက်ရှိအခြေအနေ

- **နည်းပညာတိုးတက်မှု** နဲ့ **အစိုးရထောက်ပံ့မှု** တွေကြောင့် လေအားရဲ့ LCOE က အဆမတန်ကျဆင်းသွားတယ်။
- Learning Curve က ဆက်လက်အလုပ်လုပ်နေပြီး စျေးကွက်ယှဉ်ပြိုင်နိုင်စွမ်း ပိုတိုးလာမယ်။
- ၂၀၁၅ မှာ အမေရိကန်ရဲ့ လျှပ်စစ် ၅% နဲ့ ဥရောပရဲ့ ၁၀% ကို လေအားက ထုတ်ပေးတယ်။ (၁၀ နှစ်အလိုက သုညနီးပါးပဲရှိတယ်)
- စိန်ခေါ်မှုတွေရှိပေမယ့် စျေးသက်သာလာတာနဲ့အမျှ ဒီပြဿနာတွေကို ကျော်လွှားနိုင်လာမယ်။

အခန်း (၄) ရဲ့ အဓိကအချက် (၆) ချက်

၁. **လေတာဘိုင်တွေ ပိုကြီးလေ၊ ပိုမြင့်လေ စွမ်းအင်ပိုထုတ်နိုင်လေ** – လေတိုက်နှုန်းရဲ့ သုံးထပ်ကိန်းနဲ့ ပန်ကာလက်ရေယာကြောင့်။

၂. **လေအားရဲ့ LCOE က ၉၀% ကျော် ကျဆင်းသွားတယ်** – ၁၉၈၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေက ၅၀၀/MWhကနေ၂၀၁၇မှာ၄၅/MWh ထိ။

၃. **Learning Curve က အဓိကမောင်းနှင်အား** – တပ်ဆင်နိုင်စွမ်း နှစ်ဆတိုးတိုင်း ကုန်ကျစရိတ် ကျဆင်းတယ်။

၄. **လယ်သမားတွေ အပိုဝင်ငွေရတယ်** – မြေဌားရမ်းခက တစ်နှစ်ကို ၇,၀၀၀ကနေ၁၀,၀၀၀ ရတယ်။

၅. **အဓိကစိန်ခေါ်မှု (၃) ခု** – intermittency (ပြတ်တောင်းပြတ်တောင်းဖြစ်မှု)၊ NIMBYism (အိမ်နီးချင်းကန့်ကွက်မှု)၊ transmission (မာတ်အားလိုင်းချိတ်ဆက်မှု)။

၆. **လေအားက ကမ္ဘာ့စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှုရဲ့ အဓိကတစ်ခု** ဖြစ်လာပြီ။

နောက်အခန်း (၅) မှာ နေအားစွမ်းအင်အကြောင်းကို ဆက်လက်ဖတ်ရှုရမှာပါ။

အခန်း (၅) – နေစွမ်းအင် (Renewable Solar Energy)

အခန်း (၅) အကျဉ်းချုပ် – ဘာအကြောင်းလဲ?

ဒီအခန်းက **နေအားစွမ်းအင် (Solar Power)** ရဲ့ သိပ္ပံပညာသမိုင်း၊ စီးပွားရေး၊ နည်းပညာတိုးတက်မှု၊ Learning Curve ကြောင့် စျေးကျဆင်းလာပုံ နဲ့ ပရောဂျက်အမျိုးအစားတွေကို အသေးစိတ် ရှင်းပြထားတယ်။

အဓိကအကြောင်းအရာ (၆) ပိုင်းခွဲပြီး ရှင်းပြမယ် –

၁. နေစွမ်းအင်ရဲ့ သမိုင်းကြောင်း (Einstein ကနေ Bell Labs အထိ)

၂. ဆိုလာပြား ဘယ်လိုအလုပ်လုပ်လဲ

၃. ဆိုလာရဲ့ စီးပွားရေး (LCOE)

၄. Swanson's Law (Learning Curve)

၅. ဆိုလာပရောဂျက် အမျိုးအစားများ (Residential, Commercial, Utility-scale)

၆. LCOE ကျဆင်းလာပုံ

အပိုင်း (၁) – နေစွမ်းအင်ရဲ့ သမိုင်းကြောင်း (History of Solar Power)

- နေရောင်ခြည်ဟာ ကမ္ဘာပေါ်က စွမ်းအင်အားလုံးရဲ့ အရင်းအမြစ်ပါ။ အပင်တွေ ကြီးထွားဖို့၊ ရေတွေ အငွေ့ပျံဖို့၊ ရာသီဥတုဖြစ်ပေါ် ဖို့ အားလုံး နေကနေပဲ လာတယ်။
- **နေရောင်ခြည် ၉၀ မိနစ်အတွင်း** ကမ္ဘာပေါ်က လူသားအားလုံး တစ်နှစ်စာ သုံးတဲ့ စွမ်းအင်လောက်ကို ပေးနိုင်တယ်။
- ၁၉၀၅ ခုနှစ်မှာ **Albert Einstein** က **Photoelectric Effect** ကို ရှင်းပြတဲ့ စာတမ်းကို ထုတ်ဝေခဲ့တယ်။ ဒါက သူ့ကို နိုဘယ်ဆုရစေတယ်။ (ဒါက နေစွမ်းအင်ရဲ့ သိပ္ပံအခြေခံပါ။)
- ၁၉၅၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေမှာ **Bell Labs** က ပထမဆုံး လက်တွေ့သုံးလို့ရတဲ့ ဆိုလာဆဲလ် (photovoltaic cell) ကို တီထွင်ခဲ့တယ်။ New York Times က "လူ့ယဉ်ကျေးမှုအတွက် ခေတ်သစ်တစ်ခုရဲ့ အစ" လို့ ချီးကျူးခဲ့တယ်။

- ၁၉၅၈ မှာ အမေရိကန်က **Vanguard 1** ဂြိုဟ်တုကို ဆိုလာပြားနဲ့ လွှတ်တင်ခဲ့တယ်။ ဒီဆိုလာပြားက ၇ နှစ်ကြာ အလုပ်လုပ်ခဲ့ပြီး ဘက်ထရီက ၂၀ ရက်ပဲ ခံတယ်။
- NASA က အာကာသယာဉ်တွေမှာ ဆိုလာပြားတွေ ဆက်သုံးခဲ့ပေမယ့် ကမ္ဘာပေါ်မှာ သုံးဖို့ ဈေးကြီးလွန်းတယ်။
- ၁၉၇၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေက စွမ်းအင်အကျပ်အတည်းက ဆိုလာနည်းပညာ တိုးတက်ဖို့ အားပေးခဲ့ပေမယ့် ၂၀၀၀ ပြည့်နှစ်အထိ ကမ္ဘာတပ်ဆင်နိုင်စွမ်းက ၁ GW ပဲရှိတယ် (ကျောက်မီးသွေးစက်ရုံတစ်ရုံစာပဲ)။
- အဓိကအကြောင်းရင်းက **ဈေးကြီးလွန်းတယ်**။

အပိုင်း (၂) – ဆိုလာပြား ဘယ်လိုအလုပ်လုပ်လဲ? (How Solar Panels Work)

- ဆိုလာပြားတွေက **Photovoltaic (PV) Cells** တွေနဲ့ လုပ်ထားတယ်။
- အများစုက **ဆီလီကွန် (Silicon)** ကို သုံးတယ် – ဒါက ကွန်ပျူတာချစ်ပ်တွေမှာ သုံးတဲ့ ပစ္စည်းပဲ။
- နေရောင်ခြည်က ဆီလီကွန်ကို ထိလိုက်တဲ့အခါ အီလက်ထရွန်တွေ စီးဆင်းလာပြီး လျှပ်စစ်ထွက်တယ်။
- **Conversion Efficiency** ဆိုတာ နေရောင်ခြည် ဘယ်လောက်ကို လျှပ်စစ်အဖြစ် ပြောင်းနိုင်သလဲဆိုတဲ့ အချိုးပါ။
    - သီအိုရီအရ အများဆုံး ၂၉%
    - လက်တွေ့မှာ အများဆုံး ၂၆.၃%
    - စီးပွားဖြစ်သုံး ဆိုလာပြားတွေက ၂၀% ဝန်းကျင်ပဲရှိတယ်။

အပိုင်း (၃) – ဆိုလာရဲ့စီးပွားရေး (Economics of Solar Power)

ကုန်ကျစရိတ် ဘယ်လိုတွက်လဲ?

၁. **ကုန်ကျစရိတ် (Cost per Watt)** – ဆိုလာပြားတစ်ခု ထုတ်လုပ်ဖို့ ကုန်ကျတဲ့ ဈေးနှုန်းကို ဝပ်နဲ့စားတယ်။

- ဥပမာ – ၂၀၀ ဝပ် ထုတ်နိုင်တဲ့ ပြားကို ၆၀၀နဲ့ထုတ်ရင်$costperwatt = ၃$

၂. **စုစုပေါင်းကုန်ကျစရိတ် (Total Capital Cost)** –

- ဆိုလာပြားကုန်ကျစရိတ် (၅၀%)
- Balance of Systems (BoS) – တပ်ဆင်ခုံ၊ ဝါယာကြိုး၊ inverter (DC ကနေ AC ပြောင်းဖို့)၊ စောင့်ကြည့်ကိရိယာ (၅၀%)

၃. **လည်ပတ်စရိတ် (Operating Cost)** – သိပ်နည်းတယ်။ ဘာလို့လဲဆိုတော့ ဆိုလာပြားမှာ ရွေ့လျားနေတဲ့ အစိတ်အပိုင်း (moving parts) မရှိဘူး။ သက်တမ်းက နှစ် ၃၀ ကျော်။

၄. **LCOE တွက်ဖို့** – ဒီကုန်ကျစရိတ်တွေအားလုံးကို ထုတ်လုပ်နိုင်တဲ့ လျှပ်စစ်ပမာဏနဲ့ စားတယ်။

ဈေးနှုန်းကျဆင်းလာပုံ –

- NASA အတွက် ပထမဆုံး ဆိုလာပြားတွေ – တစ်ဝပ် (watt) ကို $၅၀၀ ကျော်
- ၂၀၀၀ ပြည့်နှစ် – တစ်ဝပ်ကို $၅
- ၂၀၁၇ – တစ်ဝပ်ကို $၀.၂၉ (၁၇ နှစ်အတွင်း ၉၄% ကျဆင်း)

အပိုင်း (၄) – Swanson's Law (Learning Curve)

- **Richard Swanson** က SunPower ဆိုတဲ့ ဆိုလာပြားကုမ္ပဏီကို တည်ထောင်သူပါ။
- သူ့ရဲ့လေ့လာတွေ့ရှိချက်က **Swanson's Law** လို့ ခေါ်တယ်။
- ဒီဥပဒေအရ – **စုစုပေါင်းထုတ်လုပ်မှု နှစ်ဆတိုးတိုင်း ဆိုလာပြားဈေးက ၂၀% ကျဆင်းတယ်။**
- ပညာရှင်တွေရဲ့လေ့လာချက်တွေအရ ပျမ်းမျှ Learning Curve က ၂၃% လို့ တွေ့ရတယ်။

ဘာကြောင့် ဒီလိုဖြစ်တာလဲ?

- စက်ရုံကြီးတွေ ဆောက်လာလို့ စီးပွားရေးအရ အကျိုးအမြတ်များလာ (economies of scale)
- Conversion Efficiency တိုးတက်လာ
- ထုတ်လုပ်မှုနည်းပညာ တိုးတက်လာ

အပိုင်း (၅) – ဆိုလာပရောဂျက် အမျိုးအစားများ

ဆိုလာပရောဂျက်တွေကို အဓိက (၃) မျိုးခွဲတယ်။

၁. လူနေအိမ်သုံး (Residential)

- အိမ်ခေါင်မိုးပေါ်မှာ တပ်ဆင်တယ်။
- ပျမ်းမျှအိမ်တစ်လုံးမှာ ဆိုလာပြား ၂၀ ခု၊ ၅ kW ထုတ်နိုင်တယ်။ (အိမ်တစ်လုံးအတွက် လုံလောက်)
- **Behind-the-Meter** – အိမ်မှာပဲ သုံးတယ်။ ပိုလျှင်ရင် ဓာတ်အားလိုင်းကို ပြန်ရောင်းလို့ရတယ် (Net Metering)။
- ကမ္ဘာ့ဆိုလာလျှပ်စစ်ရဲ့၂၅% က ဒီအမျိုးအစားကနေပါ။

၂. စီးပွားရေးသုံး (Commercial)

- စက်ရုံ၊ ရုံး၊ အဆောက်အအုံတွေရဲ့ခေါင်မိုးပေါ်မှာ တပ်ဆင်တယ်။
- ပျမ်းမျှ ၅၀၀ kW (ဆိုလာပြား ၂,၀၀၀ ခုလောက်)။
- ကမ္ဘာ့ဆိုလာလျှပ်စစ်ရဲ့၂၅% က ဒီအမျိုးအစားကနေပါ။

၃. စက်မှုသုံး (Utility-Scale)

- မြေပြင်ပေါ်မှာ ဧရိယာကျယ်ကျယ် တပ်ဆင်တယ်။
- အနိမ့်ဆုံး ၁ MW (ဆိုလာပြား ၄,၀၀၀ ခု၊ မြေ ၇ ဧက)။

- အကြီးဆုံးတွေက ဆိုလာပြား သန်းချီ၊ မြေ ထောင်ချီ။
- **Concentrated Solar Power (CSP)** ဆိုတာ မှန်တွေနဲ့ နေရောင်ကို စုပြီး အပူနဲ့ လျှပ်စစ်ထုတ်တာ။ ဒါပေမယ့် PV ထက် ဈေးကြီးလို့ လူကြိုက်နည်းတယ်။
- ကမ္ဘာ့ဆိုလာလျှပ်စစ်ရဲ့ ၅၀% က ဒီအမျိုးအစားကနေပါ။

ဈေးနှုန်း ကွာခြားချက် –

- Utility-scale က တစ်ဝပ်ကို အသက်သာဆုံး (economies of scale ရတယ်)
- Residential က အဈေးကြီးဆုံး (အိမ်တစ်လုံးချင်းစီအတွက် ခွင့်ပြုချက်၊ စာချုပ်၊ လုပ်အားကုန်ကျတယ်)

အပိုင်း (၆) – LCOE ကျဆင်းလာပုံ

၇ နှစ်အတွင်း Utility-Scale ဆိုလာရဲ့ LCOE က ၈၅% ကျဆင်းသွားတယ်။

ဒါဘယ်လိုဖြစ်တာလဲ?

- ဆိုလာပြားဈေးကျတယ် (Swanson's Law)
- Balance of Systems (BoS) ဈေးကျတယ်
- တပ်ဆင်စရိတ်ကျတယ်
- ဒါတွေအားလုံး **Virtuous Cycle (ကောင်းကျိုးသံသရာ)** ကို ဖန်တီးတယ်

Virtuous Cycle –
၁. ဝယ်လိုအားတိုး → ထုတ်လုပ်မှုတိုး
၂. ထုတ်လုပ်မှုတိုး → ဈေးကျ
၃. ဈေးကျ → ဝယ်လိုအားထပ်တိုး
၄. ဒီလိုပဲ သံသရာလည်နေတယ်။

ရလဒ် – ဆိုလာဈေးကွက်က တစ်နှစ်ကို ၆၈% နှုန်း ကြီးထွားနေတယ် (၁၀ နှစ်အတွင်း)။

အစောပိုင်းက ဆိုလာသုံးသူတွေ – သဘာဝပတ်ဝန်းကျင်အတွက်၊ စွမ်းအင်လွတ်လပ်ဖို့ အတွက် သုံးတယ်။

အခုခေတ် ဆိုလာသုံးသူတွေ – ငွေကုန်သက်သာလို့ သုံးတယ်။ ဈေးသက်သာလို့ ပြောင်းသုံးဖို့ ဆွဲဆောင်မှုရှိတယ်။

အခန်း (၅) ရဲ့အဓိကအချက် (၆) ချက်

၁. **နေရောင်ခြည်က ကမ္ဘာပေါ်က စွမ်းအင်အားလုံးရဲ့အရင်းအမြစ်** – ၉၀ မိနစ်အတွင်း တစ်ကမ္ဘာလုံး တစ်နှစ်စာ သုံးတဲ့ စွမ်းအင်လောက်ကို ပေးနိုင်တယ်။

၂. **Einstein ရဲ့ Photoelectric Effect** က ဆိုလာနည်းပညာရဲ့သိပ္ပံအခြေခံ။ Bell Labs က ၁၉၅၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေမှာ ပထမဆုံး ဆိုလာဆဲလ်ကို တီထွင်ခဲ့တယ်။

၃. **Swanson's Law** – ထုတ်လုပ်မှု နှစ်ဆတိုးတိုင်း ဆိုလာပြားဈေးက ၂၀% ကျဆင်းတယ်။

၄. **ဆိုလာပြားဈေးက ၂၀၀၀ ခုနှစ်က** ၅/$watt$ကနေ၂၀၁၇မှာ**၀.၂၉/watt ထိ ကျသွားတယ်** (၉၄% ကျဆင်း)။

၅. **ဆိုလာပရောဂျက် (၃) မျိုး** – Residential (၂၅%)၊ Commercial (၂၅%)၊ Utility-Scale (၅၀%)။ Utility-Scale က ဈေးအသက်သာဆုံး။

၆. **Utility-Scale ဆိုလာရဲ့ LCOE က ၇ နှစ်အတွင်း ၈၅% ကျဆင်းသွားတယ်** – အခုတော့ ကျောက်မီးသွေး၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေနဲ့ ဈေးပြိုင်နိုင်ပြီ။

နောက်အခန်း (၆) မှာ ဒီလိုဈေးကျဖို့ ဘယ်လိုရန်ပုံငွေရှာသလဲဆိုတဲ့ ဘဏ္ဍာရေးအကြောင်းကို ဆက်လက်ဖတ်ရှုရမှာပါ။

အခန်း (၆) – ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင် ဘဏ္ဍာငွေဆိုင်ရာ (Financing Renewable Energy)

အခန်း (၆) အကျဉ်းချုပ် – ဘာအကြောင်းလဲ?

ဒီအခန်းက **ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်စီမံကိန်းတွေ (လေအား‌နဲ့ နေအား) ကို ဘယ်လိုရန်ပုံငွေရှာသလဲဆိုတဲ့ ဘဏ္ဍာရေးဆိုင်ရာ ယန္တရားတွေ** ကို အသေးစိတ် ရှင်းပြထားတယ်။

အဓိကအကြောင်းအရာ (၆) ပိုင်းခွဲပြီး ရှင်းပြမယ် –

၁. အစိုးရမက်လုံးများ (Government Incentives)

၂. ဈေးကွက်အခြေပြု ယန္တရားများ (Market Mechanisms)

၃. ကာဗွန်ဈေးကွက် (Carbon Markets)

၄. Project Finance (စီမံကိန်းဘဏ္ဍာငွေ)

၅. Solar Leasing နဲ့ Pay-As-You-Go

၆. အဖွဲ့အစည်းဆိုင်ရာ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံသူများ (Institutional Investors)

အပိုင်း (၁) – နိဒါန်း: ဘာကြောင့် ရန်ပုံငွေလိုအပ်တာလဲ?

- လေအား‌နဲ့ နေအားက လျှပ်စစ်ထုတ်လုပ်ဖို့ **အရင်းအနှီးအများကြီး လိုအပ်တယ်** (တာဘိုင်၊ ဆိုလာပြား၊ တပ်ဆင်ခ)။
- ဒါပေမယ့် လည်ပတ်စရိတ်က သိပ်နည်းတယ် (လေ‌နဲ့ နေရောင်က အခမဲ့)။
- အစောပိုင်းမှာ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံသူတွေက ဒီကဏ္ဍအသစ်ကို မသိလို့ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံဖို့ ဆန္ဒမရှိခဲ့ဘူး။
- ဒါကြောင့် **အစိုးရက မက်လုံးတွေ** ပေးပြီး ရင်းနှီးမြှုပ်နှံသူတွေကို ဆွဲဆောင်ခဲ့ရတယ်။

အပိုင်း (၂) – အစိုးရမက်လုံးများ (Government Incentives)

အစိုးရတွေက နည်းလမ်း (၂) မျိုး‌နဲ့ အားပေးတယ် –

(က) Command and Control (တိုက်ရိုက်ထောက်ပံ့မှု)

Feed-in Tariffs (FiT)

- ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကနေ ထုတ်တဲ့ လျှပ်စစ်အားလုံးကို **ဈေးကွက်ဈေးထက် ပိုမြင့်တဲ့ သတ်မှတ်ဈေးနဲ့ ဝယ်ဖို့** အာမခံပေးတယ်။
- ဥပမာ – ဈေးကွက်ဈေးက တစ် kWh ကို ၅ ဆင့်ဆိုရင် အစိုးရက ၈ ဆင့်နဲ့ ဝယ်မယ်လို့ ကတိပေးတယ်။
- ဒါက ရင်းနှီးမြှုပ်နှံသူတွေအတွက် **အန္တရာယ်နည်းစေတယ်** (ဘယ်ဈေးနဲ့ ရောင်းရမယ်ဆိုတာ ကြိုသိတယ်)။
- ဒါပေမယ့် အစိုးရအတွက် ကုန်ကျစရိတ်များတယ်။ ဒါကြောင့် တပ်ဆင်မှုများလာတာနဲ့အမျှ ဈေးနှုန်းကို လျှော့ချလေ့ရှိတယ်။

Tax Credits (အခွန်လျှော့ချခြင်း)

- အမေရိကန်မှာ သုံးတယ်။ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံသူတွေကို အခွန်လျှော့ချပေးတယ်။
- ဒါပေမယ့် ရှုပ်ထွေးတယ် – ရင်းနှီးမြှုပ်နှံသူက အခွန်ချွေတာနိုင်မှ ဒီလိုရင်းနှီးမြှုပ်နှံမှုကို စိတ်ဝင်စားတယ်။

(ခ) ဈေးကွက်အခြေပြု ယန္တရားများ (Market Mechanisms)

Auctions (လေလံဆွဲခြင်း)

- အစိုးရက လျှပ်စစ်လိုအပ်ချက်ကို ကြေညာတယ်။
  ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကုမ္ပဏီတွေက **အနိမ့်ဆုံးဈေးနဲ့ လေလံဆွဲ** ကြတယ်။
- အားသာချက် – ရိုးရှင်းတယ်၊ ပွင့်လင်းမြင်သာတယ်၊ ဈေးကျတယ်။
- နိုင်ငံပေါင်း ၄၈ နိုင်ငံမှာ သုံးနေတယ် (အိန္ဒိယ၊ မက္ကဆီကို၊ တောင်အာဖရိက၊ ဂျာမနီ)။
- ဆိုလာဈေးနှုန်းတွေ ဘယ်လိုကျဆင်းလဲဆိုတာ ပုံ (၆.၂) မှာ ပြထားတယ်။

Renewable Portfolio Standard (RPS)

- ပြည်နယ်အစိုးရက **လျှပ်စစ်ထုတ်လုပ်မှုရဲ့အနည်းဆုံးရာခိုင်နှုန်းကို ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကနေ ရရမယ်** လို့ သတ်မှတ်တယ်။
- လိုက်နာဖို့ ပျက်ကွက်ရင် အပြစ်ဒဏ်ရှိတယ်။
- ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေက ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကို ဈေးအသက်သာဆုံး ဘယ်နေရာကရနိုင်သလဲဆိုတာ ရွေးချယ်ခွင့်ရှိတယ် (flexibility)။
- အမေရိကန်ပြည်နယ် ၂၉ ခုမှာ သုံးနေတယ်။

အပိုင်း (၃) – ကာဗွန်ဈေးကွက် (Carbon Markets / Cap-and-Trade)

ဒါက သဘာဝပတ်ဝန်းကျင်ဆိုင်ရာ ပြဿနာကို ဈေးကွက်နည်းလမ်းနဲ့ ဖြေရှင်းတဲ့ စနစ်ပါ။

သမိုင်းကြောင်း

- ၁၉၆၈ မှာ ကနေဒါစီးပွားရေးပညာရှင် John Dales က ဒီအယူအဆကို စတင်အဆိုပြုတယ်။
- ၁၉၉၀ မှာ အမေရိကန်သမ္မတ George H.W. Bush က **Clean Air Act** ကို အတည်ပြုပြီး **အက်ဆစ်မိုးရွာခြင်း (acid rain)** ကို ကိုင်တွယ်ဖို့ သုံးခဲ့တယ်။
- ဒီစနစ်က အောင်မြင်ခဲ့တယ် – ဆာလဖာဒိုင်အောက်ဆိုဒ် ထုတ်လွှတ်မှုကို ၅၀% လျော့ချနိုင်ခဲ့တယ်။

ဘယ်လိုအလုပ်လုပ်သလဲ?

၁. အစိုးရက စုစုပေါင်းထုတ်လွှတ်ခွင့် **ကန့်သတ်ချက် (cap)** ကို သတ်မှတ်တယ်။
၂. ထုတ်လွှတ်ခွင့်ပြုချက် (permits) တွေကို ကုမ္ပဏီတွေကို ခွဲဝေပေးတယ်။
၃. ကုမ္ပဏီတွေက ဒီပါမစ်တွေကို **အချင်းချင်း ရောင်းဝယ်နိုင်တယ် (trade)**။
၄. ထုတ်လွှတ်မှုနည်းတဲ့ ကုမ္ပဏီက ပိုလျှံတဲ့ ပါမစ်ကို ရောင်းနိုင်တယ်။ ထုတ်လွှတ်မှုများတဲ့ ကုမ္ပဏီက ပါမစ်ဝယ်ရတယ်။

ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်အတွက် ဘယ်လိုအကျိုးရှိသလဲ?

- လေအားနဲ့ နေအားက ဖန်လုံအိမ်ဓာတ်ငွေ့ မထုတ်ဘူး။ ဒါကြောင့် ဒီစွမ်းအင်ကို သုံးတဲ့ ကုမ္ပဏီတွေက ပါမစ်တွေ မဝယ်ရဘူး။
- ကာဗွန်ဈေးကွက်က ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်အတွက် **ဝယ်လိုအားတိုးစေတယ်**။
- ၁၉၉၇ **Kyoto Protocol** က ကမ္ဘာ့ကာဗွန်ဈေးကွက်ကို စတင်ခဲ့တယ်။
- ဥရောပမှာ EU Emissions Trading System (၂၀၀၄)၊ ကယ်လီဖိုးနီးယားမှာ Cap-and-Trade (၂၀၁၂)၊ တရုတ်မှာ ကာဗွန်ဈေးကွက် (၂၀၁၃) စတင်ခဲ့တယ်။

အပိုင်း (၄) – Utility-Scale စီမံကိန်းတွေအတွက် Project Finance

Project Finance ဆိုတာဘာလဲ?

- ကြီးမားတဲ့ အခြေခံအဆောက်အအုံစီမံကိန်းတွေအတွက် **အနာဂတ်ဝင်ငွေကို အာမခံပြီး ငွေချေးယူတဲ့ နည်းလမ်း**။
- သမိုင်းကြောင်း – ၁၂၉၉ ခုနှစ်က အင်္ဂလန်ဘုရင်က ငွေသတ္တုတွင်းအတွက် အီတလီဘဏ်ကနေ ချေးခဲ့တယ်။
- ၂၀ ရာစုမှာ roads၊ တူးမြောင်း၊ မီးရထား၊ ဓာတ်အားပေးစီမံကိန်းတွေအတွက် သုံးခဲ့တယ်။

ဘာကြောင့် လေနဲ့ နေအားအတွက် သင့်တော်တာလဲ?

၁. **လျှပ်စစ်ထုတ်လုပ်မှု ခန့်မှန်းလို့ရတယ်** – တစ်နေ့ကို ကွာခြားပေမယ့် တစ်နှစ်စာ ပျမ်းမျက ပုံမှန်ပဲ။

၂. **Power Purchase Agreement (PPA)** – ထုတ်လုပ်တဲ့ လျှပ်စစ်အားလုံးကို သတ်မှတ်ဈေးနဲ့ ကြိုရောင်းထားတယ်။

၃. **ဝင်ငွေ** = ထုတ်လုပ်တဲ့ လျှပ်စစ် × PPA ဈေး

၄. **ကုန်ကျစရိတ်နည်းတယ်** – လေနဲ့ နေရောင်က အခမဲ့၊ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းစရိတ်လည်း နည်းတယ်။

ရလဒ် – အနာဂတ်ဝင်ငွေ သေချာလို့ ငွေချေးသူတွေ စိတ်ချရတယ်။
ဒါကြောင့် **အတိုးနှုန်းနည်းနည်းနဲ့ ငွေချေးနိုင်တယ်**။

- ဥပမာ – ပြင်သစ်မှာ ၂၀၁၄ က ၄% ကနေ ၂၀၁၆ မှာ ၂.၅% ထိ အတိုးနှုန်းကျသွားတယ်။
- အင်္ဂလန်ကမ်းလွန်က လေအားခြံတစ်ခုအတွက် $၅ ဘီလီယံ ချေးယူတယ်။

အကန့်အသတ် – Project Finance က စီမံကိန်းတစ်ခုချင်းစီအတွက် ညှိနှိုင်းစာချုပ်ချုပ်ဖို့ လပေါင်းများစွာ ကြာတယ်။ ဒါကြောင့် **စီမံကိန်းတစ်ခုကို $၁၀၀ သန်းကျော်မှ** သုံးတယ်။
အိမ်သုံးဆိုလာအတွက် မသုံးနိုင်ဘူး။

အပိုင်း (၅) – အိမ်သုံးနဲ့ စီးပွားရေးသုံးအတွက် ဘဏ္ဍာရေးဆန်းသစ်မှုများ

၁. Solar Leasing (ဆိုလာအိမ်ငှားစနစ်)

- ၂၀၀၄ ခုနှစ်မှာ စတင်ခဲ့တယ်။
- အိမ်ပိုင်ရှင်က **ရှေ့ငွေတစ်ပြားမှ မကုန်ဘဲ** ဆိုလာပြားတပ်ဆင်နိုင်တယ်။
- Developer က ဆိုလာပြားကို တပ်ဆင်ပေး၊ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းပေးတယ်။
- အိမ်ပိုင်ရှင်က ထွက်တဲ့ လျှပ်စစ်ကို သတ်မှတ်ဈေးနဲ့ ဝယ်သုံးတယ်။
- **Scientific American** က ၂၀၀၉ မှာ "ကမ္ဘာကိုပြောင်းလဲစေတဲ့ အကြံဉာဏ် ၂၀" ထဲမှာ ထည့်သွင်းခဲ့တယ်။
- အမေရိကန်မှာ ၂၀၁၄ ခုနှစ်အထိ အိမ်သုံးဆိုလာအသစ်ရဲ့ ၇၅% က ဒီစနစ်နဲ့ တပ်ဆင်ခဲ့တယ်။
- ၂၀၁၁-၂၀၁၄ အတွင်း နှစ်စဉ် ၅၀% ကျော် ကြီးထွားခဲ့တယ်။

၂. Pay-As-You-Go (PAYG) – ဖုံဖြိုးဆဲနိုင်ငံတွေအတွက်

- အိမ်ထောင်စုတွေက ဆိုလာစနစ်ကို **အပိုင်းလိုက်ငွေပေးပြီး** ဝယ်ယူနိုင်တယ်။
- မိုဘိုင်းဖုန်းကနေ ငွေပေးချေလို့ရတယ် (ဥပမာ – M-KOPA Solar in Kenya)။

- ဆိုလာမီးက ရေနံဆီမီးခွက်ထက် ဈေးသက်သာပြီး မီးဘေးအန္တရာယ်လည်း ကင်းတယ်။
- ကမ္ဘာလျှပ်စစ်မီးမရတဲ့ လူဦးရေ ၁.၂ ဘီလီယံအတွက် ဒီစနစ်က မျှော်လင့်ချက်ပေးတယ်။

အပိုင်း (၆) – အဖွဲ့အစည်းဆိုင်ရာ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံသူများ (Institutional Investors)

- ပင်စင်ရန်ပုံငွေ (Pension Funds)၊ ငွေစီမံခန့်ခွဲသူများ (Money Managers)၊ အာမခံကုမ္ပဏီတွေ (Insurance Companies)။
- အစပိုင်းမှာ ဒီကဏ္ဍကို မသိလို့ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံဖို့ ဆန္ဒမရှိခဲ့ဘူး။
- ဒါပေမယ့် တည်ငြိမ်တဲ့ ရေရှည်ဝင်ငွေကို မြင်တွေ့ရတော့ စိတ်ဝင်စားလာတယ်။
- ၂၀၁၁ ခုနှစ်ကစပြီး နှစ်စဉ် $၂၀၀ ဘီလီယံကျော် ရင်းနှီးမြှုပ်နှံနေတယ်။
- Bloomberg က "ဒီကဏ္ဍက အစိုးရငွေချေးစာချုပ်တွေလို လုံခြုံတယ်" လို့ ဆိုတယ်။

ရလဒ် – ရင်းနှီးမြှုပ်နှံသူတွေ ပိုစိတ်ချလာတာနဲ့အမျှ လိုအပ်တဲ့ အမြတ်နှုန်း (required return) ကျဆင်းလာတယ်။ ဒါက LCOE ကို ထပ်ကျစေပြီး ဈေးကွက်ယှဉ်ပြိုင်နိုင်စွမ်း ပိုတိုးစေတယ်။

အပိုင်း (၇) – ရှေ့ဆက်ရမယ့် စိန်ခေါ်မှုများ

စိန်ခေါ်မှု (၁) – လျှပ်စစ်ဓာတ်အားလိုင်းစနစ် (Grid Structure)

- ရိုးရာဓာတ်အားလိုင်းက ဗဟိုချုပ်ကိုင်ပြီး ထုတ်လုပ်တယ် (Edison ခေတ်ကတည်းက)။
- အိမ်တွေ၊ အဆောက်အအုံတွေမှာ ဆိုလာပြားတွေ တပ်ဆင်လာတာနဲ့ **ဖြန့်ကျက်ထုတ်လုပ်မှု (distributed generation)** ဖြစ်လာတယ်။
- ဒါက ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေအတွက် စိန်ခေါ်မှုဖြစ်တယ် (ဝယ်လိုအားကျတယ်၊ ပိုလျှံတဲ့ လျှပ်စစ်ကို ပြန်ဝယ်ရတယ်)။
- Net Metering အငြင်းပွားမှုတွေက ဒီပြဿနာရဲ့ဥပမာပါ။

စိန်ခေါ်မှု (၂) – Intermittency (ပြတ်တောင်းပြတ်တောင်းဖြစ်မှု)

- လေတိုက်မှု၊ နေထွက်မှ လျှပ်စစ်ထွက်တယ်။
- သိုလှောင်မှု (storage) မရှိရင် ဒီပြဿနာက ဆက်ရှိနေမယ်။
- ဒါကို နောက်အခန်း (၇) ကနေ စပြီး ဖြေရှင်းပေးမှာပါ။

အခန်း (၆) ရဲ့ အဓိကအချက် (၆) ချက်

၁. **ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်က ရင်းနှီးမြှုပ်နှံငွေအများကြီးလိုပေမယ့် လည်ပတ်စရိတ်က သိပ်နည်းတယ်** – လေနဲ့ နေရောင်က အခမဲ့။

၂. **အစိုးရမက်လုံးတွေက အဓိကမောင်းနှင်အား** – Feed-in Tariffs၊ Tax Credits၊ Auctions၊ RPS၊ Carbon Markets။

၃. **Carbon Markets (Cap-and-Trade) က အောင်မြင်တယ်** – အက်ဆစ်မိုးကို ၅၀% လျှော့ချနိုင်ခဲ့သလို ဖန်လုံအိမ်ဓာတ်ငွေ့ကိုလည်း လျှော့ချပေးတယ်။

၄. **Utility-Scale စီမံကိန်းတွေအတွက် Project Finance က အကောင်းဆုံး** – အနာဂတ်ဝင်ငွေ သေချာလို့ အတိုးနှုန်းနည်းနည်းနဲ့ ချေးနိုင်တယ်။

၅. **Solar Leasing နဲ့ PAYG က အိမ်သုံးနဲ့ ဖွံ့ဖြိုးဆဲနိုင်ငံတွေအတွက် ဆန်းသစ်မှုတွေ** – ရင်းနှီးမြှုပ်နှံငွေမလိုဘဲ ဆိုလာသုံးနိုင်တယ်။

၆. **ကျန်ရှိတဲ့ အဓိကစိန်ခေါ်မှု (၂) ခု** – ဓာတ်အားလိုင်းစနစ် (grid structure) နဲ့ intermittency (သိုလှောင်မှုပြဿနာ)။

နောက်အခန်း (၇) မှာ သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးကဏ္ဍရဲ့ စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှု (မြင်းစာကနေ ရေနံသို့) အကြောင်းကို ဆက်လက်ဖတ်ရှုရမှာပါ။ ဒါက intermittency ပြဿနာအတွက် သဲလွန်စပေးမှာပါ။

အခန်း (၇) – စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှု: မြင်းစာမှ ရေနံသို့ (Energy Transitions: Oats to Oil)

အခန်း (၇) အကျဉ်းချုပ် – ဘာအကြောင်းလဲ?

ဒီအခန်းက **သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးကဏ္ဍမှာ ဖြစ်ခဲ့တဲ့ စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှုတစ်ခု** ဖြစ်တဲ့ **မြင်းစာ (oats) ကနေ ရေနံ (oil) ဆီကို ကူးပြောင်းခဲ့ပုံ** ကို ရှင်းပြထားတယ်။

ဒီအခန်းရဲ့ ရည်ရွယ်ချက်က **သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးကဏ္ဍမှာ ဖြစ်ခဲ့တဲ့ အသွင်ကူးပြောင်းမှုက လေအားနဲ့ နေအားရဲ့ intermittency (ပြတ်တောင်းပြတ်တောင်းဖြစ်မှု) ပြဿနာကို ဘယ်လိုဖြေရှင်းပေးနိုင်သလဲဆိုတဲ့ သဲလွန်စ** ကို ပေးဖို့ပါ။

အဓိကအကြောင်းအရာ (၅) ပိုင်းခွဲပြီး ရှင်းပြမယ် –

၁. မြင်းခေတ် (The Age of Horses)

၂. ပထမဆုံး ဓာတ်ဆီကား (The First Automobile)

၃. ရေနံခေတ် (The Age of Oil)

၄. ရေတပ်တွေမှာ ကျောက်မီးသွေးကနေ ရေနံသို့ ကူးပြောင်းခြင်း

၅. သင်ခန်းစာများ

အပိုင်း (၁) – မြင်းခေတ် (The Age of Horses)

- လွန်ခဲ့တဲ့ နှစ်ပေါင်း ၄,၀၀၀ ကျော်လောက်ကတည်းက လူတွေဟာ **မြင်း** ကို ခရီးသွားဖို့၊ ကုန်ပစ္စည်းသယ်ဖို့ အဓိကသုံးခဲ့တယ်။
- ၁၉၀၀ ပြည့်နှစ်လောက်မှာ လန်ဒန်မြို့မှာ **မြင်းဆွဲတက္ကစီ ၁၁,၀၀၀** ကျော်ရှိပြီး မြင်းပေါင်း ၅၀,၀၀၀ ကျော် ရှိတယ်။
- New York မြို့မှာလည်း မြင်းပေါင်း ၁၀၀,၀၀၀ ရှိတယ်။

မြင်းတွေရဲ့ပြဿနာတွေ –

၁. **အစာကျွေးရတာ ဈေးကြီးတယ်** – မြင်းတစ်ကောင်က တစ်နေ့ကို ကယ်လိုရီ ၂၅,၀၀၀ (ဂျုံပေါင် ၂၀) လိုတယ်။ ဒါက ကုန်ကျစရိတ် များစေတယ်။

၂. **အညစ်အကြေးတွေ အများကြီးထွက်တယ်** – ၁၈၉၄ ခုနှစ်မှာ လန်ဒန်သတင်းစာ The Times က "နှစ် ၅၀ အတွင်း လန်ဒန်လမ်းတွေ မြင်းချေးတွေနဲ့ ပေ ၉ ပေအထိ မြုပ်နှံသွားမယ်" လို့ ခန့်မှန်းခဲ့တယ်။

ဒါက မြင်းတွေကို အစားထိုးဖို့ လိုအပ်ကြောင်း ပြသခဲ့တယ်။

အပိုင်း (၂) – ပထမဆုံး ဓာတ်ဆီကား (The First Automobile)

- ၁၅၀၉ ခုနှစ်မှာ **Leonardo da Vinci** က compressionless engine ဆိုတဲ့ အင်ဂျင်တစ်မျိုးကို သီအိုရီအရ ရေးဆွဲခဲ့တယ်။ (ဒါက ခေတ်မီအင်ဂျင်ရဲ့အစပါ။)
- ၁၈၈၅ ခုနှစ်မှာ ဂျာမန်တီထွင်သူ **Carl Benz** က **"မြင်းမဲ့ရထား" (horseless carriage)** ကို တီထွင်ခဲ့တယ်။

ဘာကြောင့် ဓာတ်ဆီအင်ဂျင်ကို ရွေးချယ်ခဲ့တာလဲ?

- အဲဒီတုန်းက ရထားနဲ့ သင်္ဘောတွေက **ကျောက်မီးသွေးသုံး ရေနွေးငွေ့အင်ဂျင်** ကို သုံးတယ်။
- Carl Benz က **ဓာတ်ဆီသုံး အတွင်းလောင်ကျွမ်းအင်ဂျင် (Internal Combustion Engine – ICE)** ကို ရွေးချယ်ခဲ့တယ်။
- ဘာလို့လဲဆိုတော့ –
    - ရေနွေးငွေ့အင်ဂျင်ထက် **ပိုထိရောက်တယ်** (စွမ်းအင်ကို ပိုပြီး ရွေ့လျားမှုအဖြစ် ပြောင်းနိုင်တယ်)။
    - **သယ်ယူရလွယ်တယ်** (portable) – ကားအတွက် သင့်တော်တယ်။

ဓာတ်ဆီရဲ့အားသာချက် –

- ကျောက်မီးသွေးက အစိုင်အခဲ (solid)၊ အတွင်းလောင်ကျွမ်းအင်ဂျင်က အရည် ဒါမှမဟုတ် ဓာတ်ငွေ့လောင်စာ လိုတယ်။
- ဓာတ်ဆီက ကျောက်မီးသွေးထက် **စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆ (energy density)** နှစ်ဆနီးပါး ပိုများတယ်။
- ဓာတ်ဆီက အရည်ဖြစ်လို့ သိုလှောင်ရလွယ်တယ် (လောင်စာကန်ထဲထည့်ထားလို့ရတယ်)။
- ၁၈၈၇ မှာ Carl Benz က စီးပွားဖြစ် ထုတ်လုပ်တဲ့ ပထမဆုံး ဓာတ်ဆီကားကို စတင်ရောင်းချခဲ့တယ်။
- ၁၉၀၈ မှာ **Ford Model T** ကို အစုလိုက်အပြုံလိုက် ထုတ်လုပ်နိုင်ခဲ့တယ်။ ဒါက ကားအရောင်းကို မြင့်တင်ပေးပြီး ဓာတ်ဆီဝယ်လိုအားကို တိုးစေတယ်။
- ၁၉၁၉ ကနေ ၁၉၂၉ အတွင်း ဓာတ်ဆီသုံးစွဲမှုက သုံးဆ တိုးလာတယ်။
- ၁၉၀၁ ခုနှစ်မှာ Texas ပြည်နယ် Spindletown မှာ **ရေနံတွင်းပေါက်ကြီး** ပေါ်လာတယ်။ တစ်နေ့ကို ရေနံစည်ပေါင်း ၁၀၀,၀၀၀ ထွက်တယ်။ ဒါက ခေတ်မီရေနံလုပ်ငန်းကို စတင်ပေးခဲ့တယ်။

အပိုင်း (၃) – ရေတပ်တွေမှာ ကျောက်မီးသွေးကနေ ရေနံသို့ ကူးပြောင်းခြင်း

ဗြိတိသျှတော်ဝင်ရေတပ် (British Royal Navy)

- ၁၉၁၁ ခုနှစ်အထိ ဗြိတိန်ရေတပ်က ကျောက်မီးသွေးကို အဓိကသုံးတယ်။
- ပထမကမ္ဘာစစ်အတွင်းမှာ ရေတပ်က ရန်သူတွေကို ကျော်တက်ဖို့ **ရေနံသုံးသင်္ဘော** လိုအပ်ကြောင်း သိလာတယ်။
- ရေနံရဲ့အားသာချက်တွေ –
    - **စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆ ပိုမြင့်တယ်** – သင်္ဘောရဲ့ဘွိုင်လာကို သေးငယ်အောင် လုပ်လို့ရတယ်။

- **ခရီးဝေးမောင်းနှင်နိုင်တယ်** – ဆီဖြည့်စရာမလိုဘဲ ပိုဝေးဝေးသွားနိုင်တယ်။
- **မီးခိုးနည်းတယ်** – ရန်သူ့မျက်စိကနေ ကွယ်လွှဲလို့ရတယ်။

- ဖြိတိန်မှာ ကျောက်မီးသွေးပေါများပေမယ့် ရေနံမရှိဘူး။ ဒါကြောင့် Anglo-Persian Oil Company ရဲ့ ၅၁% ကို ဝယ်ပြီး နှစ် ၂၀ စာချုပ်ချုပ်ခဲ့တယ်။
- **Winston Churchill** က "ရေနံရဲ့အကျိုးကျေးဇူးတွေက တွက်လို့မရနိုင်ဘူး" လို့ ပြောခဲ့တယ်။

အမေရိကန်ရေတပ် (U.S. Navy)

- ၁၉၁၄ ခုနှစ်မှာ အမေရိကန်ရေတပ်ရဲ့နောက်ဆုံး ကျောက်မီးသွေးသုံးသင်္ဘောကို တာဝန်ပေးခဲ့တယ်။
- စပိန်-အမေရိကန်စစ်ပွဲအတွင်းမှာ ကျောက်မီးသွေးရဲ့အကွာအဝေး အကန့်အသတ်ကို သိလာတယ်။
- ဒါကြောင့် အမေရိကန်ရေတပ်လည်း ရေနံကို ပြောင်းသုံးခဲ့တယ်။

အပိုင်း (၄) – ပြီးပြည့်စုံတဲ့ အသွင်ကူးပြောင်းမှု: မြင်းစာကနေ ရေနံသို့

- ၁၉၅၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေမှာ အမေရိကန်ရဲ့သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးလောင်စာရဲ့၉၀% ကျော်က ရေနံထွက်ပစ္စည်းတွေ ဖြစ်လာတယ်။
- လယ်ယာတွေမှာလည်း တိရစ္ဆာန်တွေအစား စက်ယန္တရားတွေ သုံးလာကြတယ်။
- ဒါပေမယ့် ဒီအသွင်ကူးပြောင်းမှုက **ချက်ချင်းမဖြစ်ခဲ့ဘူး** –
    - Carl Benz ရဲ့ပထမဆုံးကားပြီးရင် နှစ် ၃၀ ကြာတဲ့အထိ အမေရိကန်ရေတပ်က ကျောက်မီးသွေးသင်္ဘောတွေ ဆက်သုံးနေတယ်။
    - ဥရောပနဲ့ အမေရိကန်မှာ ၁၉၆၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေအထိ ရေနွေးငွေ့စက်ခေါင်းတွေ ဆက်သုံးနေတယ်။

- ဒါပေမယ့် **စီးပွားရေးအရ အားသာချက်** က နောက်ဆုံးမှာ အနိုင်ရသွားတယ်။
- အခုအခါ အမေရိကန်ရဲ့ သယ်ယူပို့ဆောင်ရေး ၉၄% က ရေနံထွက်ပစ္စည်းတွေနဲ့ မောင်းနှင်နေတယ်။
- အင်ဂျင်ပါဝါကို **"မြင်းကောင်ရေ" (horsepower)** နဲ့ တိုင်းတာတာက ဒီအသွင်ကူးပြောင်းမှုရဲ့ သက်သေပါ။

အပိုင်း (၅) – သင်ခန်းစာများ (Lessons from the Past)

ဒီအသွင်ကူးပြောင်းမှုကနေ သင်ခန်းစာ (၃) ချက် ရနိုင်တယ် –

၁. **စီးပွားရေးအရ အားသာချက်က အဓိက** – ကားတွေက မြင်းတွေထက် ပိုမြန်တယ်၊ ပိုထိရောက်တယ်၊ စျေးသက်သာတယ်။

၂. **အသွင်ကူးပြောင်းမှုက နှေးကွေးတယ်** – လူတွေက အကျွမ်းတဝင်ရှိတဲ့ မြင်းတွေကို စွဲမြဲနေကြတယ်။ ရေနွေးငွေ့အင်ဂျင်က ရထားနဲ့ သဘော်အတွက် ရွေးချယ်စရာဖြစ်နေတယ်။

၃. **ရွေးချယ်စရာတွေ အများကြီးရှိတယ်** – အဲဒီတုန်းက လျှပ်စစ်က အဆန်းသစ်ဆုံး နည်းပညာဖြစ်တယ်။ ဒါပေမယ့် ဓာတ်ဆီအင်ဂျင်က အနိုင်ရသွားတယ်။

အခန်း (၇) ရဲ့ အဓိကအချက် – ဒီအခန်းက ဘာကြောင့် အရေးကြီးတာလဲ?

ဒီအခန်းရဲ့ အဓိကရည်ရွယ်ချက်က **နောက်အခန်း (၈) အတွက် အုတ်မြစ်ချဖို့** ပါ။

- သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးကဏ္ဍမှာ မြင်းစာကနေ ရေနံကို ကူးပြောင်းခဲ့သလိုပဲ၊ **အခုတစ်ခါ ရေနံကနေ လျှပ်စစ်ကားဆီကို ကူးပြောင်းနေပြီ။**
- လျှပ်စစ်ကားတွေ ပေါ်လာတာနဲ့ **ဘက်ထရီတွေ စျေးကျလာမယ်။**
- ဘက်ထရီစျေးကျတာနဲ့ **လေအားနဲ့ နေအားရဲ့ intermittency (သိုလှောင်မှုပြဿနာ) ကို ဖြေရှင်းနိုင်မယ်။**

- ဒါက **ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ရဲ့ နောက်ဆုံးအတားအဆီး** ကို ဖယ်ရှားပေးနိုင်တယ်။

ဒါကြောင့် နောက်အခန်း (၈) မှာ လျှပ်စစ်ကားတွေရဲ့ ထွန်းကားလာမှုအကြောင်းကို ဆက်လက်ဖတ်ရှုရမှာပါ။

အခန်း (၇) ရဲ့ အဓိကအချက် (၅) ချက်

၁. **၁၉၀၀ ပြည့်နှစ်လောက်က မြင်းတွေက အဓိကသယ်ယူပို့ဆောင်ရေး** – ဒါပေမယ့် အစာကျွေးရတာ စျေးကြီးပြီး အညစ်အကြေးတွေ အများကြီးထွက်တယ်။

၂. **Carl Benz က ၁၈၈၅ မှာ ပထမဆုံး ဓာတ်ဆီကားကို တီထွင်ခဲ့တယ်** – ဓာတ်ဆီက ကျောက်မီးသွေးထက် စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆ ပိုမြင့်လို့ ရွေးချယ်ခဲ့တာ။

၃. **ရေနံက ကျောက်မီးသွေးထက် စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆ ပိုမြင့်တယ်** – ဒါကြောင့် ရေတပ်တွေလည်း ရေနံကို ပြောင်းသုံးခဲ့တယ်။

၄. **အသွင်ကူးပြောင်းမှုက နှေးကွေးပေမယ့် သေချာပေါက်ဖြစ်လာတယ်** – စီးပွားရေးအရ အားသာချက်က နောက်ဆုံးမှာ အနိုင်ရတယ်။

၅. **ဒီအသွင်ကူးပြောင်းမှုက လေအား‌နဲ့ နေအား‌ရဲ့ သိုလှောင်မှုပြဿနာကို ဖြေရှင်းဖို့ သဲလွန်စပေးတယ်** – လျှပ်စစ်ကားတွေက ဘက်ထရီစွေးကျစေပြီး သိုလှောင်မှုကို ဖြေရှင်းပေးနိုင်တယ်။

နောက်အခန်း (၈) မှာ လျှပ်စစ်ကားတွေရဲ့ သမိုင်းကြောင်းနဲ့ ထွန်းကားလာမှုအကြောင်းကို ဆက်လက်ဖတ်ရှုရမှာပါ။

အခန်း (၈) – လျှပ်စစ်ကားများ ထွန်းကားလာမှု (The Rise of Electric Vehicles)

အခန်း (၈) အကျဉ်းချုပ် – ဘာအကြောင်းလဲ?

ဒီအခန်းက **လျှပ်စစ်ကားတွေ (Electric Vehicles – EVs)** ရဲ့ သမိုင်းကြောင်း၊ အားသာချက်၊ စိန်ခေါ်မှုတွေ၊ ပြီးတော့ Tesla ကုမ္ပဏီ ဘယ်လို အောင်မြင်လာသလဲဆိုတာကို အသေးစိတ် ရှင်းပြထားတယ်။

ဒီအခန်းရဲ့ အဓိကအချက်က – **လျှပ်စစ်ကားတွေက ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ရဲ့ သိုလှောင်မှုပြဿနာကို ဖြေရှင်းပေးနိုင်တဲ့ သော့ချက်ဖြစ်တယ်** ဆိုတာပါ။

အဓိကအကြောင်းအရာ (၈) ပိုင်းခွဲပြီး ရှင်းပြမယ် –

၁. လျှပ်စစ်ကားရဲ့ အစောပိုင်းသမိုင်း (၁၉၀၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေ)

၂. လျှပ်စစ်ကားနဲ့ ဓာတ်ဆီကား နှိုင်းယှဉ်ချက်

၃. ဘက်ထရီရဲ့ စိန်ခေါ်မှု (Energy Density)

၄. Tesla ရဲ့ ဆန်းသစ်တီထွင်မှုများ

၅. Gigafactory နဲ့ ဘက်ထရီဈေးကျဆင်းပုံ

၆. အခြားကုမ္ပဏီတွေရဲ့ ဝင်ရောက်ယှဉ်ပြိုင်မှု (Nissan Leaf)

၇. စိန်ခေါ်မှုများ (Range Anxiety, Charging Stations)

၈. အနာဂတ်အလားအလာ

အပိုင်း (၁) – လျှပ်စစ်ကားရဲ့ အစောပိုင်းသမိုင်း (၁၉၀၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေ)

- Henry Ford နဲ့ အခြားအစောပိုင်း ကားထုတ်လုပ်သူတွေက **လျှပ်စစ်က "အနာဂတ်ရဲ့ စွမ်းအား"** ဖြစ်မယ်လို့ ယုံကြည်ခဲ့တယ်။
- ၁၉၀၀ ပြည့်နှစ်မှာ အမေရိကန်လမ်းတွေပေါ်က ကားတစ်ပုံသုံးပုံက **လျှပ်စစ်ကားတွေ** ဖြစ်တယ်။

- New York မြို့မှာ လျှပ်စစ်တက္ကစီတွေ ရှိခဲ့တယ်။ ပထမဆုံး အမြန်နှုန်းလွန်ကျူးမှု လက်မှတ် (speeding ticket) ကိုလည်း လျှပ်စစ်တက္ကစီကို ထုတ်ပေးခဲ့တယ်။
- **Ferdinand Porsche** (Porsche ကားတံဆိပ်ကို တည်ထောင်သူ) ကလည်း လျှပ်စစ်ကားကို တီထွင်ခဲ့တယ်။
- လျှပ်စစ်ကားတွေရဲ့ အားသာချက်တွေ –
    - **တိတ်ဆိတ်တယ်** (ဓာတ်ဆီကားလို ဆူညံမှုမရှိ)
    - **သန့်ရှင်းတယ်** (အနံ့ဆိုးထွက်တဲ့ အိတ်ဇောမရှိ)
    - **စတင်ရလွယ်တယ်** (လက်ကိုင်လှည့်ပြီး စတင်စရာမလို)
- ၁၉၁၄ မှာ **Thomas Edison** နဲ့ **Henry Ford** က ဈေးသက်သာတဲ့ လျှပ်စစ်ကားကို အတူတူ တီထွင်ဖို့ ပူးပေါင်းခဲ့တယ်။

ဒါပေမယ့် ဘာကြောင့် မအောင်မြင်ခဲ့တာလဲ?

- အဓိကအကြောင်းရင်းက **ဘက်ထရီရဲ့စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆ (Energy Density) နည်းတယ်**။
- ဓာတ်ဆီက ခဲ-အက်ဆစ်ဘက်ထရီထက် **အဆ ၁၀၀ ကျော်** ပိုပြီး စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆမြင့်တယ်။
- Edison က ပိုကောင်းတဲ့ ဘက်ထရီကို တီထွင်ဖို့ ကြိုးစားပေမယ့် မအောင်မြင်ခဲ့ဘူး။

အပိုင်း (၂) – လျှပ်စစ်ကားနဲ့ ဓာတ်ဆီကား နှိုင်းယှဉ်ချက်

လျှပ်စစ်ကားရဲ့အားသာချက် – ထိရောက်မှု (Efficiency)

- ဓာတ်ဆီအင်ဂျင် (ICE) – စွမ်းအင်ရဲ့ ၁၇-၂၁% ကိုသာ ရွေ့လျားမှုအဖြစ် ပြောင်းနိုင်တယ်။ (ကျန်တာ အပူအဖြစ် ဆုံးရှုံးတယ်)
- လျှပ်စစ်မော်တာ – စွမ်းအင်ရဲ့ ၅၉-၆၂% ကို ရွေ့လျားမှုအဖြစ် ပြောင်းနိုင်တယ်။

- ဆိုလိုတာက လျှပ်စစ်ကားက ဓာတ်ဆီကားထက် **သုံးဆပိုထိရောက်တယ်**။

ဓာတ်ဆီကားရဲ့အားသာချက် – စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆ (Energy Density)

- ဓာတ်ဆီက ဘက်ထရီထက် စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆ **အဆ ၁၀၀** ပိုမြင့်တယ်။
- ဒါကြောင့် ဓာတ်ဆီကားက ခရီးဝေးဝေးမောင်းနိုင်တယ်။
- ဒါက ထိရောက်မှုနည်းပေမယ့် ဓာတ်ဆီကားကို အနိုင်ရစေတယ်။

အပိုင်း (၃) – ဘက်ထရီဆိုင်ရာ ဆန်းသစ်တီထွင်မှုများ

၁၉၉၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေမှာ ကြိုးစားမှုတွေ

- ၁၉၉၀ မှာ ကယ်လီဖိုးနီးယားက သုည-ထုတ်လွှတ်မှု (zero-emission) ကားတွေကို အားပေးတဲ့ အစီအစဉ် ချမှတ်တယ်။
- **General Motors (GM)** က ၁၉၉၆ မှာ **EV1** ဆိုတဲ့ ပထမဆုံး အစုလိုက်ထုတ်တဲ့ လျှပ်စစ်ကားကို မိတ်ဆက်ခဲ့တယ်။
    - ဘက်ထရီအလေးချိန် – ၁,၁၇၅ ပေါင်
    - အကွာအဝေး – တစ်ကြိမ်အားသွင်းရင် မိုင် ၆၀
- ဒါပေမယ့် စျေးကြီးပြီး အကွာအဝေး အကန့်အသတ်ရှိလို့ မအောင်မြင်ဘူး။ GM က EV1 ကားတွေကို ဖျက်ဆီးပစ်ခဲ့တယ်။
- ဒါက **"Who Killed the Electric Car?"** ဆိုတဲ့ မှတ်တမ်းရုပ်ရှင်ကို ဖြစ်ပေါ်စေခဲ့တယ်။

အပိုင်း (၄) – Tesla ရဲ့ဆန်းသစ်တီထွင်မှုများ

Tesla ကို ၂၀၀၃ ခုနှစ်မှာ တည်ထောင်ခဲ့တယ် (နာမည်ကျော် သိပ္ပံပညာရှင် Nikola Tesla ကို ဂုဏ်ပြုတဲ့အနေနဲ့)။

Elon Musk ရဲ့ "Secret Master Plan" (၃) ဆင့် –

၁. စျေးကြီးတဲ့ အားကစားကား (sports car) ဆောက်မယ်

၂. အဲဒီငွေနဲ့ တတ်နိုင်တဲ့ကား (affordable car) ဆောက်မယ်

၃. အဲဒီငွေနဲ့ ပိုတတ်နိုင်တဲ့ကား (even more affordable car) ဆောက်မယ်

Tesla ရဲ့ ဆန်းသစ်တီထွင်မှု (၃) ချက် –

၁. **စျေးကွက်ဗျူဟာ** – အခြားကုမ္ပဏီတွေက စျေးသက်သာတဲ့ လျှပ်စစ်ကားတွေကို အရင်ကြိုးစားခဲ့ပေမယ့် Tesla က **စျေးကြီးတဲ့ အားကစားကားနဲ့ စတင်ခဲ့တယ်။**

၂. **စွမ်းဆောင်ရည် (Performance)** – သဘာဝပတ်ဝန်းကျင်အကျိုးကျေးဇူးထက် **ကားရဲ့ စွမ်းဆောင်ရည်** ကို အဓိကအရောင်းအားအဖြစ် သုံးတယ်။

၃. **ဘက်ထရီဗျူဟာ (အရေးအကြီးဆုံး)** – Tesla က ကားအတွက် အထူးဘက်ထရီအသစ် မတီထွင်ဘဲ **လက်ပ်တော့နဲ့ မိုဘိုင်းဖုန်းတွေမှာ သုံးတဲ့ လီသီယမ်-အိုင်းယွန်း (Lithium-ion) ဘက်ထရီတွေကို ပြန်သုံးတယ်။**

ဘာကြောင့် ဒီဗျူဟာ ဉာဏ်ကောင်းတာလဲ?

- လက်ပ်တော့နဲ့ ဖုန်းတွေအတွက် ဘက်ထရီစျေးက **Learning Curve** ကြောင့် ကျဆင်းနေပြီသား။
- Tesla က ဒီစျေးကျဆင်းမှုကို အခမဲ့ အသုံးချလို့ရတယ်။
- Tesla ရဲ့ ပထမဆုံးကား **Roadster** က ဘက်ထရီ ၇,၀၀၀ ခုကို စုစည်းပြီး သုံးတယ်။
- Roadster က ၀ ကနေ ၆၀ mph ကို **၃.၉ စက္ကန့်** အတွင်း ရောက်နိုင်တယ် (Ferrari နဲ့ Porsche တွေကိုတောင် ကျော်တယ်)။

အပိုင်း (၅) – Tesla Model S နဲ့ စိန်ခေါ်မှု (၃) ခုကို ကျော်လွှားခြင်း

Tesla ရဲ့ ဒုတိယကား **Model S** က ဇိမ်ခံကားစျေးကွက်ကို ပစ်မှတ်ထားတယ် (BMW 5 Series နဲ့ ယှဉ်ပြိုင်ဖို့)။

စိန်ခေါ်မှု (၁) – Range Anxiety (ဘက်ထရီကုန်မှာစိုးတဲ့စိုးရိမ်မှု)

- အရင်က လျှပ်စစ်ကားတွေက တစ်ကြိမ်အားသွင်းရင် မိုင် ၆၀ ပဲသွားနိုင်တယ်။
- Tesla က ဘက်ထရီအထုပ်ကို ကြီးကြီးလုပ်ပြီး **မိုင် ၂၁၀ ကနေ ၃၀၀** ထိ မောင်းနိုင်အောင် လုပ်တယ်။
- ပြီးတော့ **Supercharger** ဆိုတဲ့ မြန်နှုန်းမြင့် အားသွင်းစခန်းတွေ တစ်နိုင်ငံလုံးမှာ တပ်ဆင်တယ် (မိနစ် ၃၀ အတွင်း မိုင် ၁၅၀ အားသွင်းနိုင်တယ်)။

စိန်ခေါ်မှု (၂) – စွမ်းဆောင်ရည် (Performance)

- ဘက်ထရီအထုပ်ကြီးက ကားကို လေးစေတယ်။
- Tesla က ဘက်ထရီအထုပ်ကို **ကားအောက်ခြေ၊ ဘီးတွေကြားမှာ** ထားတယ်။ ဒါက ကားရဲ့ ဆွဲငင်အားဗဟိုကို နိမ့်စေပြီး ကိုင်တွယ်ရလွယ်စေတယ်။
- Model S က ၀ ကနေ ၆၀ mph ကို **၄ စက္ကန့်အောက်** အတွင်း ရောက်နိုင်တယ်။ Motor Trend က ၂၀၁၃ ခုနှစ်မှာ "Car of the Year" လို့ ရွေးချယ်ခဲ့တယ်။

စိန်ခေါ်မှု (၃) – ကုန်ကျစရိတ် (Cost)

- Model S ရဲ့ဘက်ထရီအထုပ်က ကုန်ကျစရိတ် $၁၅,၀၀၀-၁၈,၀၀၀ (ကားတစ်စီးရဲ့၂၅-၃၀%)။
- အစိုးရက အခွန်ချေးငွေ (tax credit) $၇,၅၀၀ အထိ ပေးတယ်။
- တရုတ်မှာ အခွန်ကင်းလွတ်ခွင့် $၈,၅၀၀ အထိ ပေးတယ်။
- ဒါပေမယ့် Tesla ရဲ့အဓိကဗျူဟာက **ဘက်ထရီစျေးကျဆင်းမှုကို စောင့်မျှော်တယ်** (Learning Curve ကြောင့် စျေးဆက်ကျမယ်)။

အပိုင်း (၆) – Gigafactory နဲ့ ဘက်ထရီစျေးကျဆင်းပုံ

Learning Curve က ဘက်ထရီအတွက် ဘယ်လိုအလုပ်လုပ်သလဲ?

- လီသီယမ်-အိုင်းယွန်းဘက်ထရီရဲ့ Learning Curve က **၁၇%** ပါ။
- ဆိုလိုတာက စုစုပေါင်းထုတ်လုပ်မှု နှစ်ဆတိုးတိုင်း ဈေးက ၁၇% ကျဆင်းတယ်။
- ၂၀၁၀ မှာ တစ် kWh ကို ၁,၀၀၀ကနေ၂၀၁၇မှာ၂၇၀ ထိ ကျသွားတယ် (၇၃% ကျဆင်း)။

Gigafactory –

- ၂၀၁၄ မှာ Nevada ပြည်နယ်မှာ စတင်ဆောက်လုပ်တယ်။
- ပြီးဆုံးရင် **ကမ္ဘာ့အကြီးဆုံး အဆောက်အအုံ** ဖြစ်လာမယ်။
- တစ်နှစ်ကို ၃၅ GWh ဘက်ထရီ ထုတ်လုပ်နိုင်တယ် (တခြားစက်ရုံအားလုံး ပေါင်းထက်ပိုတယ်)။
- ဒါက လျှပ်စစ်ကား ၄၀၀,၀၀၀ အတွက် လုံလောက်တယ်။
- ရည်မှန်းချက်က **၂၀၂၀ မှာ ဘက်ထရီဈေးကို ၃၀% လျှော့ချဖို့** ပါ။

Model 3 –

- ၂၀၁၆ မှာ စတင်ရောင်းချတယ် (ဈေးသက်သာတဲ့ မော်ဒယ်)။
- တစ်ပတ်အတွင်း ကြိုတင်မှာယူမှု ၃၂၅,၀၀၀ ရရှိခဲ့တယ်။
- Musk က Gigafactory အသစ် (၄) ခုထပ်ဆောက်မယ်လို့ ကြေညာခဲ့တယ်။

အပိုင်း (၇) – အခြားကုမ္ပဏီတွေရဲ့ ဝင်ရောက်ယှဉ်ပြိုင်မှု

Toyota Prius (Hybrid)

- ၁၉၉၇ မှာ စတင်ရောင်းချတယ် (လျှပ်စစ်မော်တာနဲ့ ဓာတ်ဆီအင်ဂျင် ပေါင်းထားတယ်)။
- ၂၀၀၇ မှာ တစ်နှစ်ကို ကားအစီး ၂၀၀,၀၀၀ နီးပါး ရောင်းချနိုင်ခဲ့တယ်။

Nissan Leaf

- ၂၀၁၀ မှာ စတင်ရောင်းချတယ်။
- ဈေးသက်သာပြီး မိုင် ၁၀၀ မောင်းနိုင်တယ်။

- လည်ပတ်စရိတ် သက်သာလို့ ဈေးကွက်အလယ်အလတ်ကို ပစ်မှတ်ထားတယ်။
- ၂၀၁၂ မှာ ကမ္ဘာ့အရောင်းရဆုံး လျှပ်စစ်ကား ဖြစ်လာတယ်။

လျှပ်စစ်ကားရဲ့ လည်ပတ်စရိတ် ဘယ်လောက်သက်သာလဲ?

- ဓာတ်ဆီကား – တစ်မိုင်ကို ၂.၃၀/ဂါလံ)
- လျှပ်စစ်ကား – တစ်မိုင်ကို ၀.၁၃/kWh)
- ဆိုလိုတာက လျှပ်စစ်ကားက **၇၃%** ပိုသက်သာတယ်။

အပိုင်း (၈) – စိန်ခေါ်မှုများ

၁. Range Anxiety (ဘက်ထရီကုန်မှာစိုးတဲ့စိုးရိမ်မှု)

- လက်တွေ့မှာ အမေရိကန်မောင်းနှင်မှုရဲ့ ၉၅% က မိုင် ၃၀ အောက်ပဲရှိတယ်။
- ဒါပေမယ့် စားသုံးသူတွေရဲ့ စိုးရိမ်မှုက ဆင်ခြင်တုံတရားနဲ့ မကိုက်ညီဘူး (irrational)။
- ဖြေရှင်းနည်း – ဘက်ထရီဈေးကျအောင်လုပ်ပြီး အကွာအဝေးတိုးဖို့၊ အားသွင်းစခန်းတွေ ပိုများအောင်လုပ်ဖို့။

၂. အားသွင်းစခန်း (Charging Stations) နည်းတယ်

- အမေရိကန်မှာ ဓာတ်ဆီဆိုင် ၁၂၁,၀၀၀ ရှိတယ်။
- လျှပ်စစ်ကားအားသွင်းစခန်း ၁၆,၀၀၀ ပဲရှိတယ်။
- ဒါကြောင့် အားသွင်းစခန်းတွေ အများကြီး ထပ်ဆောက်ဖို့ လိုတယ်။

အခန်း (၈) ရဲ့ နိဂုံး – အနာဂတ်အလားအလာ

- Henry Ford နဲ့ Thomas Edison တို့ ၁၉၁၄ မှာ မအောင်မြင်ခဲ့ပေမယ့် အခုတော့ Ford Motor Company က လျှပ်စစ်ကားတွေအတွက် ဘီလီယံချီ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံနေတယ်။

- ၂၀၁၇ မှာ Ford CEO Mark Fields က "လာမယ့် ၁၅ နှစ်အတွင်း လျှပ်စစ်ကားတွေက ဓာတ်ဆီကားတွေထက် ပိုများလာမယ်" လို့ ပြောခဲ့တယ်။

ဒီအခန်းရဲ့အဓိကအချက် –

- လျှပ်စစ်ကားတွေ ထွန်းကားလာတာနဲ့အမျှ **ဘက်ထရီဈေးတွေ ကျဆင်းလာမယ်။**
- ဘက်ထရီဈေးကျတာနဲ့ **ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ရဲ့သိုလှောင်မှုပြဿနာ** ကို ဖြေရှင်းနိုင်မယ်။
- ဒါက **ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်နဲ့ လျှပ်စစ်ကားတွေရဲ့ပေါင်းစည်းမှု (Convergence)** ကို ဖြစ်ပေါ်စေမယ်။

ဒါကို နောက်အခန်း (၉) မှာ အသေးစိတ် ဆက်လက်ဖတ်ရှုရမှာပါ။

အခန်း (၈) ရဲ့အဓိကအချက် (၆) ချက်

၁. **၁၉၀၀ ပြည့်နှစ်လောက်က လျှပ်စစ်ကားတွေ ရှိခဲ့ပေမယ့် ဘက်ထရီစွမ်းအင်သိပ်သည်းဆနည်းလို့ ပျောက်ကွယ်သွားတယ်။**

၂. **လျှပ်စစ်ကားက ဓာတ်ဆီကားထက် သုံးဆပိုထိရောက်တယ်** (စွမ်းအင်ကို ရွေ့လျားမှုအဖြစ် ပိုပြောင်းနိုင်တယ်)။

၃. **Tesla က လက်ပ်တော့နဲ့ ဖုန်းတွေမှာ သုံးတဲ့ လီသီယမ်-အိုင်းယွန်းဘက်ထရီကို ပြန်သုံးပြီး အောင်မြင်ခဲ့တယ်** (ကားအတွက် အထူးဘက်ထရီ မတီထွင်ဘူး)။

၄. **Tesla Model S က စိန်ခေါ်မှု (၃) ခု** – range anxiety, performance, cost – ကို ကျော်လွှားနိုင်ခဲ့တယ်။

၅. **Gigafactory** က ဘက်ထရီဈေးကို ၃၀% လျှော့ချဖို့ ရည်ရွယ်ပြီး လျှပ်စစ်ကားဈေးကို ပိုသက်သာစေမယ်။

၆. **လျှပ်စစ်ကားတွေရဲ့အဓိကစိန်ခေါ်မှု (၂) ခု** – range anxiety နဲ့ အားသွင်းစခန်း နည်းတာ – ကို ဖြေရှင်းဖို့ လိုတယ်။ နောက်အခန်း (၉) မှာ **Grid Parity** (ဈေးကွက်ညီမျှမှု) အကြောင်းကို ဆက်လက်ဖတ်ရှုရမှာပါ။

အခန်း (၉) – ညီမျှမှု (Parity)

အခန်း (၉) အကျဉ်းချုပ် – ဘာအကြောင်းလဲ?

ဒီအခန်းက **Grid Parity** ဆိုတဲ့ အယူအဆကို အသေးစိတ် ရှင်းပြထားတယ်။ Grid Parity ဆိုတာ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ရဲ့ ဈေးနှုန်းက ကျောက်မီးသွေး၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့လို ရိုးရာစွမ်းအင်တွေနဲ့ **ညီမျှတဲ့ အခြေအနေ** ပါ။

ဒီအခန်းရဲ့ အဓိကအချက်က – **ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်က Grid Parity ကို ကျော်လွန်ပြီး ဈေးသက်သာလာနေပြီ၊ ဒါက အိမ်ပိုင်ရှင်တွေ၊ စီးပွားရေးလုပ်ငန်းတွေ၊ ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေကို ပြောင်းသုံးလာအောင် ဆွဲဆောင်နေတယ်** ဆိုတာပါ။

အဓိကအကြောင်းအရာ (၆) ပိုင်းခွဲပြီး ရှင်းပြမယ် –

၁. Grid Parity ဆိုတာဘာလဲ

၂. Grid Parity ရဲ့ အငြင်းပွားဖွယ်ရာများ (Externalities နဲ့ Intermittency)

၃. Grid Parity ကိုကျော်လွန်ပြီး ဈေးပိုသက်သာလာပုံ

၄. အိမ်ပိုင်ရှင်တွေနဲ့ Prosumers

၅. စီးပွားရေးလုပ်ငန်းတွေရဲ့ ပြောင်းသုံးမှု (Apple, Walmart)

၆. ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေနဲ့ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံသူတွေရဲ့ ဝင်ရောက်မှု

အပိုင်း (၁) – Grid Parity ဆိုတာဘာလဲ?

- **Grid Parity** ဆိုတာ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကနေ ထုတ်တဲ့ လျှပ်စစ်ဈေးက ဓာတ်အားလိုင်း (grid) ကနေ ဝယ်ရတဲ့ လျှပ်စစ်ဈေးနဲ့ ညီမျှတဲ့အခြေအနေပါ။
- လျှပ်စစ်က **ကုန်ပစ္စည်းတစ်မျိုး (commodity)** ဖြစ်တယ်။ ဆိုလိုတာက ဘယ်ကနေထုတ်ထုတ် လျှပ်စစ်က အတူတူပဲ။ ဒါကြောင့် ဈေးနှုန်းက အဓိကဆုံးဖြတ်ချက် ဖြစ်တယ်။

- ဥပမာ – **SolarCity** ရဲ့ တည်ထောင်သူ Lyndon Rive က "ညစ်ပတ်တဲ့စွမ်းအင်အတွက် ပိုပေးရမယ်၊ ဒါမှမဟုတ် သန့်ရှင်းတဲ့စွမ်းအင်အတွက် လျှော့ပေးရမယ်ဆိုရင် ဘယ်ဟာကို ရွေးမလဲ?" လို့ မေးခဲ့တယ်။

Grid Parity ဘယ်နေရာတွေမှာ ရောက်နေပြီလဲ?

- ၂၀၁၆ လေ့လာမှုတစ်ခုအရ အမေရိကန်ပြည်နယ် ၅၀ မှာ ၂၀ ပြည်နယ်က Grid Parity ကို ရောက်နေပြီ။
- ဥပမာ – **California** မှာ ဓာတ်အားလိုင်းစျေးက မြင့်ပြီး နေရောင်လည်း ပေါများလို့ ဆိုလာက စျေးသက်သာတယ်။
- **North Dakota** မှာ နေရောင်နည်းပြီး ဓာတ်အားလိုင်းစျေးလည်း သက်သာလို့ ဆိုလာက မယှဉ်ပြိုင်နိုင်သေးဘူး။

အပိုင်း (၂) – Grid Parity ရဲ့ အငြင်းပွားဖွယ်ရာများ

Grid Parity က ရိုးရှင်းပုံရပေမယ့် အငြင်းပွားစရာ (၂) ချက်ရှိတယ် –

၁. Externalities (ပြင်ပဆိုးကျိုးများ)

- ကျောက်မီးသွေး၊ ရေနံ၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေကို မီးရှို့တဲ့အခါ **ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ် (CO_2)** နဲ့ အခြားညစ်ညမ်းပစ္စည်းတွေ ထွက်တယ်။
- ဒါတွေက **ရာသီဥတုပြောင်းလဲမှု၊ အက်ဆစ်မိုး၊ ပြဒါးညစ်ညမ်းမှု** စတဲ့ ဆိုးကျိုးတွေ ဖြစ်စေတယ်။
- ဒီဆိုးကျိုးတွေရဲ့ ကုန်ကျစရိတ်က **လျှပ်စစ်စျေးနှုန်းမှာ မပါဝင်ဘူး**။ ဒါကို "ပြင်ပဆိုးကျိုး (externality)" လို့ ခေါ်တယ်။
- လေအားနဲ့ နေအားက ညစ်ညမ်းမှု မထုတ်လို့ ဒီဆိုးကျိုးတွေ မရှိဘူး။

၂. Intermittency (ပြတ်တောင်းပြတ်တောင်းဖြစ်မှု)

- ကျောက်မီးသွေးနဲ့ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေက **၂၄/၇ လျှပ်စစ်ထုတ်နိုင်တယ် (baseload)** နဲ့ လိုအပ်သလို ချိန်ညှိနိုင်တယ် (dispatchable)။
- လေအားနဲ့ နေအားက လေတိုက်မှု၊ နေထွက်မှသာ ထွက်တယ် (intermittent)။
- ဒီတန်ဖိုးကိုလည်း Grid Parity တွက်ချက်မှုမှာ ထည့်မတွက်ဘူး။

ဒါပေမယ့် – ဒီအငြင်းပွားမှုတွေ ရှိနေပေမယ့် **ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်စျေးက ဆက်ကျဆင်းနေတယ်**။ Grid Parity ကိုကျော်ပြီး စျေးပိုသက်သာလာနေပြီ။

အပိုင်း (၃) – Grid Parity ကိုကျော်လွန်ပြီး စျေးပိုသက်သာလာပုံ

နည်းပညာအသစ်တွေက LCOE ကို ဆက်လျှော့ချနေတယ် –

နေအားအတွက် –

- **Trackers** – ဆိုလာပြားတွေကို နေရောင်အတိုင်း လိုက်လှည့်ပေးတဲ့ စနစ်။
- ဒါက လျှပ်စစ်ထုတ်လုပ်မှုကို ၆% အထိ တိုးစေတယ်။
- ၂၀၂၁ ခုနှစ်မှာ မြေပြင်ပေါ်က ဆိုလာပရောဂျက်တွေရဲ့ ၅၀% က Trackers သုံးမယ်လို့ ခန့်မှန်းထားတယ်။

လေအားအတွက် –

- **Gearless turbines** – ဂီယာမဲ့တာဘိုင်တွေ ပိုယုံကြည်စိတ်ချရတယ်။
- **ပန်ကာလက်ဒီဇိုင်းအသစ်** – စွမ်းအင်ဖမ်းယူမှု ၁၂% တိုးစေတယ်။
- **တာဘိုင်အရွယ်အစား ပိုကြီးလာ** – ၁.၅ MW ကနေ ၁၅ MW အထိ တိုးလာနေတယ်။ (ကမ်းလွန်မှာ တပ်ဆင်ရင် လေပိုပြင်းလို့ ပိုကောင်းတယ်)

အပိုင်း (၄) – အိမ်ပိုင်ရှင်တွေနဲ့ Prosumers

ဘာကြောင့် အိမ်ပိုင်ရှင်တွေ ဆိုလာကို ပြောင်းသုံးကြတာလဲ?

၁. **စီးပွားရေးအရ** – ဆိုလာက Grid Parity ကိုကျော်ပြီး စျေးသက်သာလာတယ်။
၂. **စိတ်ပိုင်းဆိုင်ရာ** – အိမ်ပိုင်ရှင်တွေက ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေကို မယုံကြည်ကြဘူး။ Accenture ရဲ့ စစ်တမ်းအရ စားသုံးသူ ၄ ယောက်မှာ ၁ ယောက်ပဲ ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီကို ယုံကြည်တယ်။
၃. **ကူးစက်သက်ရောက်မှု (Contagion Effect)** – အိမ်နီးချင်းတွေ ဆိုလာတပ်ရင် ကိုယ်လည်း တပ်ဖို့ ပိုစိတ်ဝင်စားလာတယ်။

Prosumers ဆိုတာဘာလဲ?

- **Producer + Consumer** ပေါင်းစပ်ထားတဲ့ စကားလုံး။
- အိမ်မှာ ဆိုလာပြားတပ်ပြီး **ကိုယ်တိုင်လျှပ်စစ်ထုတ်၊ ကိုယ်တိုင်သုံး**၊ ပိုလျှင်ရင် ဓာတ်အားလိုင်းကို **ပြန်ရောင်းတယ် (Net Metering)**။

ဥပမာ –

- **Australia** – ၈ နှစ်အတွင်း အိမ်ထောင်စု ၂၃% က ဆိုလာတပ်ဆင်ခဲ့တယ်။ တချို့မြို့တွေမှာ ၇၀% အထိရှိတယ်။
- **California** – အိမ်ထောင်စု ၈% က ဆိုလာတပ်ဆင်ထားတယ်။

အပိုင်း (၅) – စီးပွားရေးလုပ်ငန်းတွေရဲ့ ပြောင်းသုံးမှု

Apple –

- ၂၀၁၅ မှာ ၁၀၀% ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်သုံးဖို့ ကြေညာခဲ့တယ်။
- ၂၀၁၇ မှာ ၉၆% ပြည့်ခဲ့တယ်။
- အဓိကအကြောင်းရင်းက **ကုန်ကျစရိတ်သက်သာလို့**။

Walmart –

- ၂၀၁၅ မှာ လျှပ်စစ်လိုအပ်ချက်ရဲ့၅% ကို ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကနေ ရတယ်။
- ၂၀၂၅ မှာ ၅၀%၊ နောက်ပိုင်း ၁၀၀% ဖြစ်ဖို့ စီစဉ်နေတယ်။

- CEO Bill Simon က "ဒါက စီးပွားရေးဆုံးဖြတ်ချက်ပဲ။ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ဈေးကဓာတ်အားလိုင်းဈေးထက် သက်သာတယ် ဒါမှမဟုတ် ညီမျှတယ်" လို့ ပြောတယ်။

အခြားကုမ္ပဏီ ၁၀၀ ကျော် – Coca-Cola, Facebook, Citi, GM, H&M, J&J, Nike, Starbucks – တို့လည်း ၁၀၀% ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်သုံးဖို့ ကြေညာထားတယ်။

အပိုင်း (၆) – ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေနဲ့ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံသူတွေ

Utility-Scale ပရောဂျက်တွေရဲ့အောင်မြင်မှု –

- ၂၀၁၇ မှာ အိန္ဒိယမှာ ဆိုလာလျှပ်စစ်ကို တစ် kWh ကို **၃.၉ ဆင့်** နဲ့ ရောင်းချနိုင်တယ် (ကျောက်မီးသွေးက ၅.၀ ဆင့်)။
- ၂၀၁၆ မှာ ချီလီမှာ **၂.၉၁ ဆင့်**၊ နောက်တစ်လအကြာ Abu Dhabi မှာ **၂.၄၂ ဆင့်** နဲ့ ရောင်းချနိုင်ခဲ့တယ်။
- အမေရိကန်မှာ လေအားလျှပ်စစ်က တစ် kWh ကို **၂.၄ ဆင့်** (ဓာတ်အားလိုင်းဈေးထက် များစွာသက်သာ)။
- ၂၀၁၆ မှာ အမေရိကန်ရဲ့လျှပ်စစ်အသစ် ၆၅% က ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကနေ ဖြစ်တယ် (သဘာဝဓာတ်ငွေ့က ၂၉%)။

ရင်းနှီးမြှုပ်နှံသူတွေရဲ့ဝင်ရောက်မှု –

- **Warren Buffett** ရဲ့ Berkshire Hathaway – လေ၊ နေ၊ ဘူမိအပူ၊ ရေအားစွမ်းအင်တွေမှာ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံနေတယ်။ ၂၀၁၆ မှာ ဒီကဏ္ဍက အမြတ် $၂.၄ ဘီလီယံရဲ့ ၁၀% ကို ပေးတယ်။
- **BlackRock** – ကမ္ဘာ့အကြီးဆုံး ရင်းနှီးမြှုပ်နှံမှုစီမံခန့်ခွဲသူ – ပင်စင်ရန်ပုံငွေတွေကနေ $၁.၅ ဘီလီယံ စုပြီး လေနဲ့ နေအားမှာ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံတယ်။
- ၂၀၀၉ ခုနှစ်ကစပြီး နှစ်စဉ် $၂၃၀ ဘီလီယံကျော် ရင်းနှီးမြှုပ်နှံမှုရှိတယ်။
- ဒါက **နျူကလီးယား၊ ကျောက်မီးသွေး၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့၊ ရေနံ** စတဲ့ အခြားစွမ်းအင်အရင်းအမြစ်တွေထက် ပိုများတယ်။

အခန်း (၉) ရဲ့နိဂုံး – လျှပ်စစ်ကားအတွက် Price Parity

- Grid Parity က အိမ်ပိုင်ရှင်တွေ၊ စီးပွားရေးလုပ်ငန်းတွေ၊ ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေကို ပြောင်းသုံးလာအောင် ဆွဲဆောင်နေသလိုပဲ၊ **လျှပ်စစ်ကားတွေအတွက်လည်း Price Parity** က အလားတူအကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိမယ်။
- **UBS** ခန့်မှန်းချက် – ၂၀၁၈ ဥရောပ၊ ၂၀၂၃ တရုတ်၊ ၂၀၂၅ အမေရိကန်မှာ Price Parity ရောက်မယ်။
- **Bloomberg နဲ့ Morgan Stanley** – ၂၀၂၅ မှာ အမေရိကန်နဲ့ ဥရောပမှာ Price Parity ရောက်မယ်။
- Price Parity ရောက်ရင် လျှပ်စစ်ကားအရောင်းက နှစ်စဉ် ၄၆% နှုန်း တိုးလာမယ်လို့ ခန့်မှန်းထားတယ်။

အခန်း (၉) ရဲ့အဓိကအချက် (၇) ချက်

၁. **Grid Parity** ဆိုတာ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ဈေးနဲ့ ဓာတ်အားလိုင်းဈေး ညီမျှတဲ့အခြေအနေ။

၂. **ပြည်နယ် ၂၀ မှာ Grid Parity ရောက်နေပြီ** – California လို နေရောင်ပေါများပြီး ဓာတ်အားလိုင်းဈေးမြင့်တဲ့နေရာတွေမှာ။

၃. **Grid Parity မှာ အငြင်းပွားစရာ (၂) ချက်** – Externalities (ညစ်ညမ်းမှုဆိုးကျိုး) နဲ့ Intermittency (ပြတ်တောင်းပြတ်တောင်းဖြစ်မှု)။

၄. **ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်က Grid Parity ကိုကျော်ပြီး ဈေးပိုသက်သာလာနေပြီ** – နည်းပညာအသစ်တွေ (Trackers, Gearless turbines) ကြောင့်။

၅. **အိမ်ပိုင်ရှင်တွေ (Prosumers)** က ဈေးသက်သာလို့ ဆိုလာကို ပြောင်းသုံးနေတယ်။ Australia မှာ ၈ နှစ်အတွင်း ၂၃% တပ်ဆင်ခဲ့တယ်။

၆. **ကုမ္ပဏီကြီးတွေ (Apple, Walmart)** က ၁၀၀% ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်သုံးဖို့ ကြေညာထားတယ် – စီးပွားရေးအရ သက်သာလို့။

၇. **ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေနဲ့ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံသူတွေ (Berkshire Hathaway, BlackRock)** က ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကို ရင်းနှီးမြှုပ်နှံနေတယ် – အန္တရာယ်နည်းပြီး အမြတ်ကောင်းလို့။

နောက်အခန်း (၁၀) မှာ **Convergence (ပေါင်းစည်းမှု)** – လျှပ်စစ်ကားတွေနဲ့ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်တွေ ဘယ်လို အတူတကွ ကြီးထွားလာမလဲဆိုတာကို ဆက်လက်ဖတ်ရှုရမှာပါ။

အခန်း (၁၀) – ပေါင်းစည်းမှု (Convergence)

အခန်း (၁၀) အကျဉ်းချုပ် – ဘာအကြောင်းလဲ?

ဒီအခန်းက **ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင် (လေအား‌နဲ့ နေအား) နဲ့ လျှပ်စစ်ကားတွေ ဘယ်လို အတူတကွ ပေါင်းစည်းသွားမလဲ** ဆိုတဲ့ **Convergence** အကြောင်းကို အသေးစိတ် ရှင်းပြထားတယ်။

ဒီအခန်းရဲ့ အဓိကအချက်က – **လျှပ်စစ်ကားတွေက ဘီးပေါ်က ဘက်ထရီတွေပါ။ သူတို့ကို လျှပ်စစ်ဓာတ်အားလိုင်းနဲ့ ချိတ်ဆက်ပြီး သိုလှောင်မှုအဖြစ် သုံးနိုင်ရင် လေအား‌နဲ့ နေအား‌ရဲ့ intermittency (ပြတ်တောင်းပြတ်တောင်းဖြစ်မှု) ပြဿနာကို ဖြေရှင်းနိုင်မယ်** ဆိုတာပါ။

အဓိကအကြောင်းအရာ (၆) ပိုင်းခွဲပြီး ရှင်းပြမယ် –

၁. California ရဲ့ Duck Curve (ပြဿနာကို မြင်ယောင်ကြည့်ခြင်း)

၂. လျှပ်စစ်သိုလှောင်မှုနည်းလမ်းများ (Pumped Hydro, Batteries)

၃. Vehicle-to-Grid (V2G) – ကားတွေကို သိုလှောင်မှုအဖြစ် သုံးခြင်း

၄. Gigafactory နဲ့ ဘက်ထရီစျေးကျဆင်းပုံ

၅. Convergence အတွက် စိန်ခေါ်မှုများ

၆. South Australia ဥပမာ (Elon Musk ရဲ့ လုပ်ဆောင်ချက်)

အပိုင်း (၁) – California ရဲ့ Duck Curve (ဘဲပုံစံမျဉ်းကွေး)

Load Profile ဆိုတာဘာလဲ?

- တစ်နေ့တာလုံးမှာ လျှပ်စစ်လိုအပ်ချက် (demand) က ဘယ်လိုပြောင်းလဲသလဲဆိုတဲ့ ဂရပ်ပါ။
- ပုံမှန်အားဖြင့် ညဘက်မှာ လိုအပ်ချက်က အနည်းဆုံး၊ နေ့ခင်းဘက်မှာ တိုးလာပြီး ညနေစောင်းမှာ အများဆုံး (peak load) ဖြစ်တယ်။

ဘာကြောင့် Duck Curve ဖြစ်လာတာလဲ?

- California မှာ နေအားလျှပ်စစ် အများကြီး တပ်ဆင်ထားတယ်။
- နေအားက နေ့လည် ၂ နာရီလောက်မှာ အများဆုံးထွက်တယ်။
- ဒါပေမယ့် လျှပ်စစ်လိုအပ်ချက်က ညနေ ၇ နာရီလောက်မှာ အများဆုံးဖြစ်တယ်။
- ဒါကြောင့် **စုစုပေါင်းလိုအပ်ချက် – နေအားထွက်ရှိမှု** ကို ဂရပ်ဆွဲရင် **ဘဲတစ်ကောင်ပုံစံ** ဖြစ်သွားတယ်။

ပြဿနာက ဘာလဲ?

- ဓာတ်အားလိုင်းကို ထိန်းချုပ်သူ (grid operator) က လျှပ်စစ်ထုတ်လုပ်မှုကို လိုအပ်ချက်နဲ့ အတိအကျ ညှိပေးရတယ်။
- နေအားက နေ့လည်မှာ အများဆုံးထွက်ပြီး ညနေမှာ ရုတ်တရက် ကျဆင်းသွားတာက ဒီညှိမှုကို ခက်ခဲစေတယ်။
- ဖြေရှင်းနည်းက – နေ့လည်မှာ ထွက်တဲ့ ပိုလျှံတဲ့ လျှပ်စစ်ကို **သိုလှောင်ပြီး** ညနေမှာ ပြန်သုံးဖို့ပါ။

အပိုင်း (၂) – လျှပ်စစ်သိုလှောင်မှုနည်းလမ်းများ

၁. Pumped Hydro Storage (ရေစုပ်သိုလှောင်မှု)

- ကမ္ဘာသိုလှောင်မှု ၉၆% က ဒီနည်းလမ်းပါ။
- ဘယ်လိုအလုပ်လုပ်သလဲ – လျှပ်စစ်သုံးပြီး ရေကို အောက်ကနေ အပေါ်ကို စုပ်တယ်။ လျှပ်စစ်လိုတဲ့အခါ ရေကို ပြန်ချပြီး တာဘိုင်နဲ့ လျှပ်စစ်ထုတ်တယ်။
- အားသာချက် – ၇၀-၇၅% ထိရောက်မှုရှိတယ်။
- အားနည်းချက် – ဆောက်ဖို့ ဈေးကြီးတယ် (တစ် kWh ကို $၂၃၈-၃၅၀)၊ နေရာလည်း အကန့်အသတ်ရှိတယ် (ရေကန်ကြီးနှစ်ကန်နဲ့ မြင့်မားမှုကွာခြားချက် လိုတယ်)။

၂. လီသီယမ်-အိုင်းယွန်းဘက်ထရီများ

- ထိရောက်မှု – ၉၂-၉၃% (Pumped Hydro ထက် ပိုကောင်း)။
- ထုတ်လုပ်မှုကုန်ကျစရိတ် – တစ်နှစ်ကို ၁၁% ကျဆင်းနေတယ်။
- ဒါကြောင့် ဘက်ထရီတွေက
  သိုလှောင်မှုအတွက် **အကောင်းဆုံးဖြေရှင်းချက်** ဖြစ်လာနေတယ်။

အပိုင်း (၃) – Vehicle-to-Grid (V2G) – ကားတွေကို သိုလှောင်မှုအဖြစ် သုံးခြင်း

V2G ဆိုတာဘာလဲ?

- လျှပ်စစ်ကားတွေကို ဓာတ်အားလိုင်းနဲ့ ချိတ်ဆက်ပြီး **ကားထဲက ဘက်ထရီကို လျှပ်စစ်သိုလှောင်မှုအဖြစ် သုံးတဲ့စနစ်**။
- ကားက အားသွင်းတဲ့အခါ (charging) နဲ့ ဓာတ်အားလိုင်းကို ပြန်ထုတ်ပေးတဲ့အခါ (discharging) နှစ်မျိုးလုံး လုပ်နိုင်တယ်။

ဘယ်အချိန်မှာ အားသွင်းမလဲ?

- ညဘက် – လေအားက အများဆုံးထွက်တဲ့အချိန် (လျှပ်စစ်ဈေး သက်သာတယ်)။
- နေ့ခင်းဘက် – နေအားက အများဆုံးထွက်တဲ့အချိန် (လျှပ်စစ်ဈေး သက်သာတယ်)။
- ဒီအချိန်တွေမှာ ကားတွေက ပုံမှန်အားဖြင့် ရပ်ထားတဲ့အချိန်တွေပါ။

ဘယ်အချိန်မှာ ဓာတ်အားလိုင်းကို ပြန်ထုတ်မလဲ?

- ညနေပိုင်း – နေဝင်ပြီး လျှပ်စစ်လိုအပ်ချက် အများဆုံးဖြစ်တဲ့အချိန်။
- ဒါက **Duck Curve ကို ဖြေရှင်းပေးတယ်** (decapitating the duck)။

လက်တွေ့ဥပမာတွေ –

- **Nissan နဲ့ Enel** (ဒိန်းမတ်) – ကားပိုင်ရှင်တွေကို V2G အတွက် တစ်နှစ်ကို $၁,၅၃၀ အထိ ပေးတယ်။

- **ယူကေ** – Nissan ကား ၁၈,၀၀၀ ကို ဓာတ်အားလိုင်းနဲ့ ချိတ်ဆက်ရင် ၁၈၀ MW ဓာတ်အားပေးစက်ရုံတစ်ရုံစာ ဖြစ်တယ်။
- **နယ်သာလန်** – Tesla နဲ့ BMW ကားတွေကို လေအားနဲ့ နေအားပိုလျှံတဲ့အခါ အားသွင်းဖို့ ဆော့ဝဲလ်တွေ ဖန်တီးနေတယ်။

Tesla ရဲ့ ဗျူဟာ –

- ၂၀၁၆ မှာ Tesla က **SolarCity** (အမေရိကန်ရဲ့ အကြီးဆုံး အိမ်သုံးဆိုလာကုမ္ပဏီ) ကို ဝယ်ယူခဲ့တယ်။
- ရည်ရွယ်ချက် – အိမ်မှာ ဆိုလာပြား၊ လျှပ်စစ်ကား၊ V2G စနစ်တွေ ပေါင်းစည်းပြီး **ပြီးပြည့်စုံတဲ့ စွမ်းအင်စနစ်** ဖန်တီးဖို့။

အပိုင်း (၄) – Gigafactory နဲ့ ဘက်ထရီဈေးကျဆင်းပုံ

- Tesla ရဲ့ **Gigafactory** က ကမ္ဘာလီသီယမ်-အိုင်းယွန်းဘက်ထရီ ထုတ်လုပ်မှုကို နှစ်ဆကျော် တိုးစေတယ်။
- ဒါက ဘက်ထရီဈေးကို ၃၀% ကျဆင်းစေတယ်။
- **Daimler** (Mercedes-Benz) က ဂျာမနီမှာ Gigafactory ဆောက်ပြီး ဘက်ထရီဈေးကို ၄၃% လျှော့ဖို့ စီစဉ်နေတယ်။
- ၂၀၁၇ မှာ Gigafactory အသစ် ၁၀ ခုကို ကြေညာခဲ့တယ်။
- ၂၀၂၁ မှာ ကမ္ဘာဘက်ထရီထုတ်လုပ်မှုက ၂၀၁၇ ရဲ့ နှစ်ဆဖြစ်လာမယ်။

ကယ်လီဖိုးနီးယားဥပဒေ –

- ၂၀၁၆ မှာ ကယ်လီဖိုးနီးယားက ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေကို ဘက်ထရီသိုလှောင်မှု ၅၀၀ MW ရင်းနှီးမြှုပ်နှံဖို့ ဥပဒေပြဋ္ဌာန်းခဲ့တယ်။

- ရည်ရွယ်ချက် – ၂၀၃၀ မှာ ပြည်နယ်ရဲ့လျှပ်စစ် ၅၀% ကို ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကနေ ရဖို့နဲ့ Duck Curve ကို ဖယ်ရှားဖို့။

အပိုင်း (၅) – Convergence အတွက် စိန်ခေါ်မှုများ

၁. ကုန်ကြမ်းပစ္စည်းများ (Raw Materials)

- **ဆီလီကွန်** (ဆိုလာပြားအတွက်) – ပေါများတယ်။
- **လီသီယမ်** (ဘက်ထရီအတွက်) – လက်ရှိသုံးစွဲမှုအတွက် ၃၅၅ နှစ်စာ ရှိတယ်။ ဒါပေမယ့် Gigafactory ၁၀၀ ဆောက်ရင် ၁၇ နှစ်စာပဲ ကျန်မယ်။
- **ရှားပါးသတ္တုများ (Rare Earth Metals)** – တာဘိုင်နဲ့ မော်တာတွေအတွက် သုံးတယ်။ ဒါပေမယ့် ပညာရှင်တွေက "အမည်နဲ့လိုက်အောင် ရှားပါးတာမဟုတ်ဘူး" လို့ ဆိုတယ်။

၂. နေရာရွေးချယ်ခြင်း (Siting)

- လေတာဘိုင်တွေက မြင်ကွင်းပိတ်လို့ အိမ်နီးချင်းတွေ ကန့်ကွက်တယ် (NIMBY)။
- ဆိုလာခြံတွေက မြေဧရိယာ အများကြီးလိုတယ် (၁ GW ကျောက်မီးသွေးစက်ရုံကို အစားထိုးဖို့ ဆိုလာပြား ၇,၀၀၀ ဧက လိုတယ်)။

၃. ဓာတ်အားလိုင်း (Transmission)

- လေအားနဲ့ နေအားခြံတွေကနေ မြို့ပြတွေကို လျှပ်စစ်ပို့ဖို့ ဓာတ်အားလိုင်းအသစ်တွေ ဆောက်ရတယ်။
- Texas မှာ $၈ ဘီလီယံ သုံးပြီး ဓာတ်အားလိုင်းတွေ တိုးချဲ့ခဲ့တယ်။
- ဂျာမနီနဲ့ တရုတ်မှာလည်း ဓာတ်အားလိုင်းတွေ တိုးချဲ့နေတယ်။

၄. အားသွင်းစခန်း (Charging Stations)

- အမေရိကန်မှာ ဓာတ်ဆီဆိုင် ၁၂၁,၀၀၀ ရှိပေမယ့် လျှပ်စစ်ကားအားသွင်းစခန်း ၁၆,၀၀၀ ပဲရှိတယ် (အမြန်အားသွင်းစခန်း ၂,၀၀၀ ပဲ)။

၅. ဘဏ္ဍာငွေ (Financing)

- ၂၀၄၀ အထိ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်အတွက် $၇ ထရီလီယံ လိုအပ်မယ်။
- လက်ရှိ နှစ်စဉ် ရင်းနှီးမြှုပ်နှံမှု $၂၅၀ ဘီလီယံက လိုအပ်ချက်ရဲ့တစ်ဝက်ပဲရှိတယ်။

၆. စည်းမျဉ်းများ (Regulations)

- ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေကို ထိန်းချုပ်တဲ့ စည်းမျဉ်းတွေက ၁၀၀ နှစ်ကျော် ဟောင်းနေပြီ။
- ဥပမာ – ပြည်နယ် ၇ ခုမှာ Net Metering (ပိုလျှံတဲ့ လျှပ်စစ်ကို ပြန်ရောင်းခြင်း) ကို တားမြစ်ထားတယ်။

အပိုင်း (၆) – South Australia ဥပမာ (Elon Musk ရဲ့လုပ်ဆောင်ချက်)

- South Australia မှာ လေအားနဲ့ နေအားက ပြည်နယ်ရဲ့လျှပ်စစ်လိုအပ်ချက် ၅၇% ကို ထောက်ပံ့ပေးတယ်။
- ၂၀၁၇ အစောပိုင်းမှာ လျှပ်စစ်ပြတ်လပ်မှုတွေ ဖြစ်ခဲ့တယ်။ ပြည်နယ်အစိုးရက လေအားကို အပြစ်တင်ပြီး သဘာဝဓာတ်ငွေ့သုံး စက်ရုံဆောက်ဖို့ စဉ်းစားတယ်။
- **Elon Musk** က Twitter မှာ "Tesla က ၁၀၀ ရက်အတွင်း သိုလှောင်မှုစနစ် တပ်ဆင်ပေးမယ်၊ မပြီးရင် အခမဲ့ပေးမယ်" လို့ ကြေညာခဲ့တယ်။
- South Australia အစိုးရက လက်ခံခဲ့တယ်။ Tesla က **သတ်မှတ်ရက်ထက်စောပြီး** တပ်ဆင်ပေးခဲ့တယ်။

ဒီဥပမာရဲ့သင်ခန်းစာ –

- Convergence က **အလွန်မြန်ဆန်တဲ့** ဖြေရှင်းချက်ကို ပေးနိုင်တယ်။
- ရိုးရာစွမ်းအင်စနစ်က နှစ်ချီကြာတဲ့အလုပ်ကို ၁၀၀ ရက်အတွင်း လုပ်နိုင်တယ်။
- လျှပ်စစ်ကားဘက်ထရီတွေက ဓာတ်အားလိုင်းအတွက် သိုလှောင်မှုပေးနိုင်တယ်။

အခန်း (၁၀) ရဲ့အဓိကအချက် (၆) ချက်

၁. **Duck Curve** က နေအားရဲ့အဓိကပြဿနာကို ပြတယ် – နေ့လည်မှာ လျှပ်စစ်ပိုထွက်ပြီး ညနေမှာ လိုအပ်ချက်က အများဆုံး။

၂. **သိုလှောင်မှုက ဖြေရှင်းချက်** – Pumped Hydro က ဈေးကြီးပြီး နေရာအကန့်အသတ်ရှိတယ်။ လီသီယမ်-အိုင်းယွန်းဘက်ထရီတွေက ပိုကောင်းတယ်။

၃. **V2G (Vehicle-to-Grid)** – လျှပ်စစ်ကားတွေကို သိုလှောင်မှုအဖြစ် သုံးနိုင်တယ်။ ညဘက်နဲ့ နေ့ခင်းမှာ အားသွင်းပြီး ညနေမှာ ဓာတ်အားလိုင်းကို ပြန်ထုတ်ပေးနိုင်တယ်။

၄. **Gigafactory တွေက ဘက်ထရီဈေးကို ဆက်ကျစေတယ်** – ထုတ်လုပ်မှုတိုးလာတာနဲ့အမျှ Learning Curve က အလုပ်လုပ်နေတယ်။

၅. **Convergence အတွက် စိန်ခေါ်မှု (၆) ခု** – ကုန်ကြမ်း၊ နေရာရွှေးချယ်မှု၊ ဓာတ်အားလိုင်း၊ အားသွင်းစခန်း၊ ဘဏ္ဍာငွေ၊ စည်းမျဉ်းများ။

၆. **South Australia ဥပမာ** – Convergence က ရိုးရာစနစ်ထက် ပိုမြန်ဆန်ပြီး ထိရောက်တဲ့ ဖြေရှင်းချက်ကို ပေးနိုင်တယ်ဆိုတာ သက်သေပြခဲ့တယ်။

နောက်အခန်း (၁၁) မှာ ဒီအသွင်ကူးပြောင်းမှုရဲ့**အကျိုးဆက်များ (Consequences)** – ပထဝီနိုင်ငံရေး၊ စီးပွားရေး၊ ကျန်းမာရေး၊ ရာသီဥတုဆိုင်ရာ သက်ရောက်မှုတွေကို ဆက်လက်ဖတ်ရှုရမှာပါ။

အခန်း (၁၁) – အကျိုးဆက်များ (Consequences)

အခန်း (၁၁) အကျဉ်းချုပ် – ဘာအကြောင်းလဲ?

ဒီအခန်းက **ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင ်ဆီကို ကူးပြောင်းခြင်းရဲ့ အကျိုးဆက် (၄) မျိုး** ကို အသေးစိတ် ရှင်းပြထားတယ်။

၁. **ပထဝီနိုင်ငံရေးဆိုင်ရာ အကျိုးဆက်များ** (Geopolitical Consequences)

၂. **စီးပွားရေးဆိုင်ရာ အကျိုးဆက်များ** (Economic Consequences)

၃. **ကျန်းမာရေးဆိုင်ရာ အကျိုးဆက်များ** (Health Consequences)

၄. **ရာသီဥတုဆိုင်ရာ အကျိုးဆက်များ** (Climate Consequences)

ဒါ့အပြင် **အနိုင်ရသူနဲ့ အရှုံးပေးသူများ** (Winners and Losers) အကြောင်းကိုလည်း နှိုင်းယှဉ်ထားတယ် (ဗေလင်ငါးဖမ်းလုပ်ငန်းနဲ့ နှိုင်းယှဉ်ခြင်း)။

အပိုင်း (၁) – ပထဝီနိုင်ငံရေးဆိုင်ရာ အကျိုးဆက်များ (Geopolitical Consequences)

တရုတ်နဲ့ အိန္ဒိယ – အဓိကအနိုင်ရသူများ

- တရုတ်နဲ့ အိန္ဒိယမှာ လေထုညစ်ညမ်းမှုက ဆိုးရွားတယ်။ မြို့ကြီးတွေမှာ လေထုညစ်ညမ်းမှုအဆင့်က ကမ္ဘာ့ကျန်းမာရေးအဖွဲ့ (WHO) ရဲ့ အများဆုံးခွင့်ပြုချက်ထက် **၃၀ ဆ** အထိ မြင့်တယ်။
- ဒီညစ်ညမ်းမှုရဲ့အဓိကအကြောင်းရင်းက **ကျောက်မီးသွေးသုံးစွဲမှု**။ တရုတ်နဲ့ အိန္ဒိယရဲ့ လျှပ်စစ်ထုတ်လုပ်မှု ၇၀% ကျော်က ကျောက်မီးသွေးကနေ ဖြစ်တယ်။
- ဒါ့အပြင် ဒီနှစ်နိုင်ငံစလုံးမှာ **ရေနံသိုက်တွေ ရှားပါးတယ်**။ တရုတ်က ရေနံလိုအပ်ချက်ရဲ့ သုံးပုံနှစ်ပုံကို သွင်းကုန်အဖြစ် မှီခိုနေရတယ်။ အိန္ဒိယက ၈၀% ကျော် မှီခိုနေရတယ်။

ဒါကြောင့် တရုတ်နဲ့ အိန္ဒိယက ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကို ဦးဆောင်နေတယ် –

- တရုတ်က လေအား‌နဲ့ နေအားစီမံကိန်းတွေမှာ အမေရိကန်နဲ့ ဥရောပထက် ပိုများတယ်။

- ၂၀၁၇ မှာ တရုတ်ရဲ့ လျှပ်စစ်အသစ် ၇၀% က ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကနေ ဖြစ်တယ် (အဓိကက နေအား)။
- ကမ္ဘာ့အကြီးဆုံး နေအားခြံ (၅) ခုစလုံးက တရုတ်နဲ့ အိန္ဒိယမှာရှိတယ်။
- တရုတ်က လျှပ်စစ်ကားဈေးကွက်မှာ ကမ္ဘာ့အကြီးဆုံးဖြစ်ပြီး ၂၀၂၀ မှာ လျှပ်စစ်ကား ၅ သန်းရှိဖို့ စီစဉ်နေတယ်။
- အိန္ဒိယက ၂၀၃၀ မှာ ကားအားလုံး လျှပ်စစ်ဖြစ်ဖို့ ကြေညာထားတယ်။

ပြင်သစ်နဲ့ ဖြိတိန် – ၂၀၄၀ မှာ ဓာတ်ဆီနဲ့ ဒီဇယ်ကားတွေကို တားမြစ်ဖို့ ကြေညာထားတယ်။

အကျိုးဆက် – ရေနံတင်ပို့တဲ့နိုင်ငံတွေ (ဆော်ဒီအာရေဗျလို) ဝင်ငွေကျလာမယ်။
ရေနံတင်သွင်းတဲ့နိုင်ငံတွေ (တရုတ်၊ အိန္ဒိယ) စွမ်းအင်လွတ်လပ်မှု ရလာမယ်။

အပိုင်း (၂) – စီးပွားရေးဆိုင်ရာ အကျိုးဆက်များ (Economic Consequences)

အရှုံးပေးသူများ –

၁. **ကျောက်မီးသွေးလုပ်ငန်း** – အမေရိကန်မှာ ကျောက်မီးသွေးတူးဖော်တဲ့ ကုမ္ပဏီတွေရဲ့ ထက်ဝက်နီးပါးက ဒေဝါလီခံနေရတယ်။

၂. **ဥရောပဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီများ** – ၂၀၁၀ ခုနှစ်ကစပြီး ပစ္စည်းတန်ဖိုး $၅၀၀ ဘီလီယံ ဆုံးရှုံးခဲ့တယ်။

၃. **"Death Spiral" (သေမင်းလည်ပတ်မှု)** –

- ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်က လည်ပတ်စရိတ် သုညဖြစ်လို့ (လေနဲ့ နေရောင်က အခမဲ့) ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေ သူတို့ရဲ့ ကျောက်မီးသွေးနဲ့ သဘာဝဓာတ်ငွေ့စက်ရုံတွေကို လျှော့သုံးရတယ်။
- ဒါက ဒီစက်ရုံတွေရဲ့ LCOE ကို တက်စေတယ်။
- ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေ လျှပ်စစ်ဈေးတက်တယ်။

- ဈေးတက်တာနဲ့ စားသုံးသူတွေ ဆိုလာပြားတွေ ပိုတပ်လာတယ် (သူတို့ကိုယ်တိုင် လျှပ်စစ်ထုတ်တယ်)။
- ဒါက ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီရဲ့ဝင်ငွေကို ထပ်ကျစေတယ်။ ဒီလိုနဲ့ "သေမင်းလည်ပတ်မှု" ဖြစ်သွားတယ်။

အနိုင်ရသူများ – အလုပ်အကိုင်ဖန်တီးမှု

- အမေရိကန်မှာ နေအားကဏ္ဍမှာ အလုပ်လုပ်တဲ့သူဦးရေက ကျောက်မီးသွေးကဏ္ဍထက် **နှစ်ဆ** ပိုများတယ်။
- ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကဏ္ဍမှာ အလုပ်အကိုင်က တစ်နှစ်ကို ၆% နှုန်း ကြီးထွားနေတယ် (ကျောက်မီးသွေးက ၁% အောက်)။
- တရုတ်မှာ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်က အလုပ်အကိုင် ၃.၅ သန်း ဖန်တီးထားပြီး ၂၀၂၀ မှာ နောက်ထပ် ၁၃ သန်း ထပ်ဖန်တီးဖို့ စီစဉ်နေတယ်။
- International Renewable Energy Agency (IRENA) က ၂၀၅၀ မှာ ကမ္ဘာတစ်ဝှမ်း ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်အလုပ်အကိုင် ၂၆ သန်း ရှိမယ်လို့ ခန့်မှန်းထားတယ်။

အပိုင်း (၃) – ကျန်းမာရေးဆိုင်ရာ အကျိုးဆက်များ (Health Consequences)

ကျောက်မီးသွေးရဲ့ကျန်းမာရေးဆိုးကျိုးများ –

- အမေရိကန်မှာ ၁၉၀၀ ခုနှစ်ကစပြီး ကျောက်မီးသွေးတွင်းထဲမှာ အလုပ်သမား ၁၀၀,၀၀၀ သေဆုံးပြီး ၂၀၀,၀၀၀ ကျော် အနက်ရောင်အဆုတ်ရောဂါ (black lung disease) နဲ့ သေဆုံးခဲ့တယ်။
- Harvard Medical School ရဲ့လေ့လာချက်အရ အမေရိကန်မှာ ကျောက်မီးသွေးရဲ့ ကျန်းမာရေးဆိုင်ရာ ကုန်ကျစရိတ်က တစ်နှစ်ကို ၃၃၃ဘီလီယံကနေ၅၀၀ ဘီလီယံအထိရှိတယ်။

- အဓိကအကြောင်းရင်းက **အမှုန်ညစ်ညမ်းမှု (particle pollution)** – အလွန်သေးငယ်တဲ့ အမှုန်တွေက အဆုတ်ထဲကို ဝင်ရောက်ပြီး ကင်ဆာ၊ နှလုံးရောဂါတွေ ဖြစ်စေတယ်။
- ကမ္ဘာ့ကျန်းမာရေးအဖွဲ့ (WHO) အရ ၂၀၁၃ ခုနှစ်မှာ လေထုညစ်ညမ်းမှုကြောင့် လူဦးရေ ၅.၅ သန်း မလိုအပ်ဘဲ သေဆုံးခဲ့ရတယ်။

ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်က ကျန်းမာရေးကို ဘယ်လိုကောင်းမွန်စေသလဲ?

- ဥပမာ – **Dublin** မြို့မှာ ၁၉၉၀ မှာ ကျောက်မီးသွေးသုံးစွဲမှုကို တားမြစ်ခဲ့တယ်။ လေထုအရည်အသွေး ကောင်းလာပြီး အသက်ရှူလမ်းကြောင်းဆိုင်ရာ သေဆုံးမှု ၁၇% ကျဆင်းသွားတယ်။
- ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကို ကူးပြောင်းခြင်းက လေထုညစ်ညမ်းမှုကို သိသိသာသာ လျှော့ချပေးပြီး လူသန်းပေါင်းများစွာရဲ့ သက်တမ်းကို ရှည်စေမယ်။

အပိုင်း (၄) – ရာသီဥတုဆိုင်ရာ အကျိုးဆက်များ (Climate Consequences)

Keeling Curve ဆိုတာဘာလဲ?

- ၁၉၅၈ ခုနှစ်မှာ အမေရိကန်သိပ္ပံပညာရှင် **Charles Keeling** က Hawaii မှာ လေထုထဲက CO_2 ပမာဏကို တိုင်းတာတဲ့ စက်ကို တပ်ဆင်ခဲ့တယ်။
- သူရဲ့တိုင်းတာမှုတွေက **Keeling Curve** လို့ ခေါ်တဲ့ ဂရပ်ကို ဖြစ်ပေါ်စေတယ်။
- ဒီဂရပ်က CO_2 ပမာဏက ၁၉၅၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေကတည်းက တဖြည်းဖြည်း တက်လာနေတာကို ပြတယ်။

CO_2 နဲ့ ကမ္ဘာကြီးပူနွေးလာမှု –

- CO_2 က **ဖန်လုံအိမ်မှာတ်ငွေ့ (greenhouse gas)** ပါ။ ဒါက ကမ္ဘာကြီးကို နွေးထွေးစေတဲ့ သဘာဝဖြစ်စဉ်ပါ။
- ဒါပေမယ့် စက်မှုတော်လှန်ရေးကစပြီး ကျောက်မီးသွေး၊ ရေနံ၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေကို အများကြီး မီးရှို့တာကြောင့် CO_2 ပမာဏက ပုံမှန်ထက် ပိုများလာတယ်။

- ၂၀၁၈ ခုနှစ်မှာ CO_2 ပမာဏက **၄၁၁ ppm (parts per million)** ရှိပြီး နှစ်စဉ် ၂ ppm နှုန်း တက်နေတယ်။
- သိပ္ပံပညာရှင်တွေက CO_2 ပမာဏကို **၄၅၀ ppm အောက်** မှာ ထိန်းထားဖို့ သတိပေးထားတယ်။ မဟုတ်ရင် ကမ္ဘာကြီးက ၂ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ပူနွေးလာမယ်။ ဒါက **ပြန်မဆယ်နိုင်တော့တဲ့ သက်ရောက်မှုတွေ** ဖြစ်စေနိုင်တယ်။

ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်က ဘယ်လိုကူညီပေးသလဲ?

- လက်ရှိ ဖန်လုံအိမ်ဓာတ်ငွေ့ထုတ်လွှတ်မှုရဲ့ သုံးပုံနှစ်ပုံက စွမ်းအင်ထုတ်လုပ်မှုကနေ ဖြစ်တယ်။
- IRENA ရဲ့ ခန့်မှန်းချက်အရ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကို ကူးပြောင်းခြင်းက CO_2 ထုတ်လွှတ်မှုကို ၅၈% လျှော့ချနိုင်ပြီး ကမ္ဘာကြီးပူနွေးမှုကို ၂ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ်အတွင်း ထိန်းထားနိုင်မယ်။

အပိုင်း (၅) – အနိုင်ရသူနဲ့ အရှုံးပေးသူများ (Winners and Losers)

ဗေလင်ငါးဖမ်းလုပ်ငန်းရဲ့ သင်ခန်းစာ –

- ၁၈၀၀ ပြည့်လွန်နှစ်တွေမှာ ဗေလင်ငါးဆီ (whale oil) က မီးထွန်းဖို့ အဓိကသုံးတယ်။ New Bedford, Massachusetts က အမေရိကန်မှာ တစ်ဦးချင်းဝင်ငွေ အမြင့်ဆုံးမြို့ဖြစ်ခဲ့တယ်။
- ၁၈၅၉ မှာ Pennsylvania မှာ ရေနံကို ရှာဖွေတွေ့ရှိခဲ့တယ်။ ရေနံက ဗေလင်ငါးဆီထက် စျေးသက်သာပြီး ပိုကောင်းတယ်။
- ဒါကြောင့် ဗေလင်ငါးဖမ်းလုပ်ငန်း ပြုိလဲသွားတယ်။ နောက်ဆုံး ဗေလင်ငါးဖမ်းသင်္ဘောက ၁၉၂၇ မှာ ထွက်ခဲ့တယ်။

ဒီနေ့ခေတ် ဗေလင်ငါးဖမ်းသမားများ –

- ကျောက်မီးသွေးလုပ်ငန်းက ဗေလင်ငါးဖမ်းလုပ်ငန်းနဲ့ ဆင်တူနေပြီ။
- ၁၉၂၃ ခုနှစ်က အလုပ်သမား ၈၀၀,၀၀၀ ရှိခဲ့ပေမယ့် အခု ၅၀,၀၀၀ ပဲရှိတယ်။

- အမေရိကန်ကျောက်မီးသွေးကုမ္ပဏီတွေရဲ့ ထက်ဝက်နီးပါး ဒေဝါလီခံနေရတယ်။

ရေနံလုပ်ငန်း –

- Royal Dutch Shell ရဲ့ CEO Ben van Beurden က "စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှုက ရပ်တန့်လို့မရတဲ့အရာ" လို့ ပြောတယ်။
- BP ရဲ့ ၂၀၁၈ ခန့်မှန်းချက်အရ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်က ဆက်လက်ကြီးထွားမယ်။

အနိုင်ရမယ့်နိုင်ငံများ –

- တရုတ်၊ အိန္ဒိယ (ရေနံဝယ်ယူတင်သွင်းသူများ)
- ဖွံ့ဖြိုးဆဲနိုင်ငံများ (ရှိရင်းစွဲ အခြေခံအဆောက်အအုံမရှိလို့ ခုန်ကျော်သွားနိုင်တယ် – မိုဘိုင်းဖုန်းလို)

အရှုံးပေးမယ့်နိုင်ငံများ –

- ဆော်ဒီအာရေဗျလို ရေနံတင်ပို့သူများ (ဒါပေမယ့် ဆော်ဒီက နေအားကို ရင်းနှီးမြှုပ်နှံနေတယ်)
- အမေရိကန်နဲ့ ဥရောပ – ဦးဆောင်နိုင်ပေမယ့် နိုင်ငံရေးမတည်ငြိမ်မှုတွေက အန္တရာယ်ရှိတယ်။

အခန်း (၁၁) ရဲ့အဓိကအချက် (၆) ချက်

၁. **ပထဝီနိုင်ငံရေးအရ** – တရုတ်နဲ့ အိန္ဒိယက ဦးဆောင်ပြီး အကျိုးရှိမယ်။ ရေနံတင်ပို့သူတွေ ဆုံးရှုံးမယ်။

၂. **စီးပွားရေးအရ** – ကျောက်မီးသွေးနဲ့ ရိုးရာဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေ ဒေဝါလီခံနေရတယ်။ ဒါပေမယ့် ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်က အလုပ်အကိုင်တွေ ဖန်တီးပေးနေတယ်။

၃. **ကျန်းမာရေးအရ** – ကျောက်မီးသွေးကနေ ထွက်တဲ့ အမှုန်ညစ်ညမ်းမှုက နှစ်စဉ် လူသန်းပေါင်းများစွာကို သေစေတယ်။ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကို ပြောင်းရင် လေထုသန့်လာပြီး သက်တမ်းပိုရှည်လာမယ်။

၄. **ရာသီဥတုအရ** – CO_2 ပမာဏက ၄၅၀ ppm အောက်မှာ ထိန်းထားဖို့ လိုတယ်။ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်က ဒီပန်းတိုင်ကို ရောက်အောင် ကူညီပေးနိုင်တယ်။

၅. **အနိုင်ရသူ** – တရုတ်၊ အိန္ဒိယ၊ ဖွံ့ဖြိုးဆဲနိုင်ငံတွေ၊ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကို ဦးဆောင်တဲ့ကုမ္ပဏီတွေ။

၆. **အရှုံးပေးသူ** – ရေနံတင်ပို့သူများ၊ ကျောက်မီးသွေးလုပ်ငန်း၊ လိုက်လျောညီထွေမဖြစ်တဲ့ ဓာတ်အားပေးကုမ္ပဏီတွေ။

နောက်ဆုံးအခန်း (၁၂) မှာ **အချိန်မဆွဲငံနိုင်တော့တဲ့ အကြောင်းရင်း** နဲ့ ဒီအသွင်ကူးပြောင်းမှုက ဘာကြောင့် အရေးတကြီး လုပ်ဆောင်ရမယ်ဆိုတာကို ဆက်လက်ဖတ်ရှုရမှာပါ။

အခန်း (၁၂) – အချိန်မဆွဲငံနိုင်တော့ပါ (No Time to Lose)

အခန်း (၁၂) အကျဉ်းချုပ် – ဘာအကြောင်းလဲ?

ဒီအခန်းက စာအုပ်ရဲ့ **နိဂုံးချုပ် (Conclusion)** ပါ။ ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ဆီကို ကူးပြောင်းခြင်းဟာ သေချာပေါက်ဖြစ်လာမယ့်အရာဖြစ်ပေမယ့် **အချိန်မီဖြစ်ဖို့က အဓိကကျတယ်** ဆိုတာကို အလေးပေးရှင်းပြထားတယ်။

အဓိကအကြောင်းအရာ (၅) ပိုင်းခွဲပြီး ရှင်းပြမယ် –
၁. ဖန်လုံအိမ်ဓာတ်ငွေ့ စီးဆင်းမှု (Flows) နဲ့ သိုလှောင်မှု (Stocks)
၂. CO_2 ပမာဏ ၄၅၀ ppm အောက်ထိန်းဖို့ အရေးကြီးပုံ
၃. အသွင်ကူးပြောင်းမှုကို နှောင့်နှေးခြင်းရဲ့ အကျိုးဆက်များ
၄. ဘက်ထရီစွမ်းနဲ့ အသွင်ကူးပြောင်းမှုအရှိန်
၅. နိဂုံး – နိုင်ငံရေးဆန္ဒနဲ့ အနာဂတ်

အပိုင်း (၁) – ဖန်လုံအိမ်ဓာတ်ငွေ့ စီးဆင်းမှု (Flows) နဲ့ သိုလှောင်မှု (Stocks)

ဒီအခန်းမှာ အရေးကြီးဆုံး သဘောတရား (၂) ခုကို ရှင်းပြတယ် –

၁. စီးဆင်းမှု (Flows)

- ဆိုတာ **တစ်နှစ်အတွင်း ထုတ်လွှတ်တဲ့ CO_2 ပမာဏ** ပါ။
- ဥပမာ – ၂၀၁၇ ခုနှစ်မှာ ကမ္ဘာတစ်ဝှမ်း CO_2 ထုတ်လွှတ်မှုက **၃၇ ဘီလီယံ တန်** ရှိတယ်။
- ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကို ကူးပြောင်းခြင်းက ဒီစီးဆင်းမှုကို ၂၀၅၀ မှာ ၅၈% လျော့ချပေးနိုင်တယ်။

၂. သိုလှောင်မှု (Stocks)

- ဆိုတာ **လေထုထဲမှာ စုပုံနေတဲ့ CO_2 စုစုပေါင်းပမာဏ** ပါ။
- ဒါကို **ppm (parts per million)** နဲ့ တိုင်းတယ်။

- ၂၀၁၈ ခုနှစ်မှာ လေထုထဲက CO_2 ပမာဏက **၄၁၁ ppm** ရှိတယ်။
- ဒီပမာဏက **နှစ်စဉ် ၂ ppm** နှုန်း တက်နေတယ်။

ဘာကြောင့် ဒီခွဲခြားမှုက အရေးကြီးတာလဲ?

- CO_2 က လေထုထဲမှာ **နှစ်ပေါင်း ၁၀၀ ကျော်** ကြာရှည်စွာ ရှိနေတယ်။
- ဒါကြောင့် CO_2 ထုတ်လွှတ်မှုကို ချက်ချင်းရပ်လိုက်ရင်တောင် လေထုထဲက CO_2 ပမာဏက နှစ်ပေါင်း ၁၀၀ ကြာအောင် ရှိနေဦးမယ်။
- ဒါက **သိုလှောင်မှု (stock)** က ကမ္ဘာကြီးပူနွေးမှုကို သက်ရောက်မှုရှိတယ်လို့ ဆိုလိုတယ်၊ စီးဆင်းမှု (flow) က သက်ရောက်မှုမရှိဘူးလို့ မဆိုလိုဘူး။

အပိုင်း (၂) – CO_2 ပမာဏ ၄၅၀ ppm အောက်ထိန်းဖို့ အရေးကြီးပုံ

ဘာကြောင့် ၄၅၀ ppm လဲ?

- သိပ္ပံပညာရှင်တွေရဲ့သဘောတူညီချက်အရ CO_2 ပမာဏ **၄၅၀ ppm** ထက်ကျော်ရင် ကမ္ဘာကြီးက **၂ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ်** ပူနွေးလာမယ်။
- ၂ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ်က **ပြန်မဆယ်နိုင်တော့တဲ့ သက်ရောက်မှု (irreversible impacts)** ရဲ့ စတဲ့အဆင့်ပါ။
- ဒီထက်ပိုပူရင် –
    - ရေခဲလွှာတွေ အရည်ပျော်ပြီး ပင်လယ်ရေမျက်နှာပြင် မြင့်တက်လာမယ်။
    - ပြင်းထန်တဲ့ ရာသီဥတုဖြစ်စဉ်တွေ (မုန်တိုင်း၊ ရေကြီး၊ မိုးခေါင်) ပိုဆိုးလာမယ်။
    - အစွန်းရောက်အပူလှိုင်းတွေ ဖြစ်ပေါ်လာမယ်။

လက်ရှိအခြေအနေ –

- CO_2 ပမာဏက **၄၁၁ ppm** ရှိပြီး နှစ်စဉ် ၂ ppm တက်နေတယ်။

- ဒါကြောင့် လက်ရှိနှုန်းအတိုင်း ဆက်သွားရင် **၂၀ နှစ်အတွင်း ၄၅၀ ppm** ကို ရောက်မယ်။
- ၂၀၅၀ မှာ **၄၈၀ ppm** ကျော်သွားမယ်။

အပိုင်း (၃) – အသွင်ကူးပြောင်းမှုကို နှောင့်နှေးခြင်းရဲ့ အကျိုးဆက်များ

ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ကို ကူးပြောင်းခြင်းက CO_2 ကို လျှော့ချပေးနိုင်ပေမယ့် –

- IRENA ရဲ့ ခန့်မှန်းချက်အရ အသွင်ကူးပြောင်းမှုက CO_2 ထုတ်လွှတ်မှုကို ၅၈% လျှော့ချပေးနိုင်တယ်။
- ဒါပေမယ့် **CO_2 က လေထုထဲမှာ နှစ် ၁၀၀ ကြာရှည်စွာ ရှိနေတယ်**။
- ဒါကြောင့် အသွင်ကူးပြောင်းမှုကို **နှောင့်နှေးခြင်းက ဆိုးကျိုးတွေကို ပိုဆိုးစေတယ်**။

နှောင့်နှေးခြင်းရဲ့ သက်ရောက်မှု –

- အသွင်ကူးပြောင်းမှုကို **၁၀ နှစ်** နှောင့်နှေးရင် လေထုထဲကို CO_2 ထပ်ထွက်မှု **၃၆၀ ဘီလီယံတန်** ပိုများလာမယ်။
- ဒါက CO_2 ပမာဏကို **၂၀ ppm** ထပ်တက်စေမယ်။
- ဒါဆိုရင် ၂၀၅၀ မှာ CO_2 ပမာဏက **၄၅၀ ppm** ကို ကျော်သွားပြီး ပြန်မဆယ်နိုင်တော့တဲ့ အခြေအနေ ရောက်သွားမယ်။

ဖြေရှင်းနည်းတွေက ဘာတွေလဲ?

- **Carbon Sequestration (ကာဗွန်ဖမ်းယူသိုလှောင်ခြင်း)** – သစ်ပင်စိုက်ပျိုးခြင်း ဒါမှမဟုတ် သမုဒ္ဒရာထဲကို သံဓာတ်ဖြန်းခြင်းလို နည်းပညာတွေ။
- ဒါပေမယ့် ဒီနည်းပညာတွေက **စမ်းသပ်ဆဲအဆင့်** မှာပဲရှိသေးတယ်၊ ဈေးလည်းကြီးတယ်၊ ဘေးထွက်ဆိုးကျိုးတွေလည်း ရှိနိုင်တယ်။

အပိုင်း (၄) – ဘက်ထရီဈေးနဲ့ အသွင်ကူးပြောင်းမှုအရှိန်

ဘက်ထရီစျေးက ဘာကြောင့် အဓိကကျတာလဲ?

- လေအားနဲ့ နေအားရဲ့ intermittency (ပြတ်တောင်းပြတ်တောင်းဖြစ်မှု) ကို ဖြေရှင်းဖို့ **သိုလှောင်မှု (storage)** လိုတယ်။
- သိုလှောင်မှုရဲ့ အဓိကနည်းလမ်းက **ဘက်ထရီ** ပါ။
- ဘက်ထရီစျေးကျမှ လေအားနဲ့ နေအားက ကျောက်မီးသွေးနဲ့ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေနဲ့ အပြည့်အဝ ယှဉ်ပြိုင်နိုင်မယ်။

ဘက်ထရီစျေးက ဘယ်လောက်ကျဖို့ လိုသလဲ?

- လက်ရှိ လီသီယမ်-အိုင်းယွန်းဘက်ထရီစျေး – ၂၀၁၀ မှာ ၇၅၀/kWhကနေ၂၀၁၇မှာ၁၄၅/kWh ထိ ကျသွားတယ်။
- ဒါပေမယ့် လိုအပ်တဲ့စျေးက ၁၀၀/kWhအောက် ** ၊အကောင်းဆုံးက ****၇၅/kWh** ပါ။
- General Motors က ၂၀၂၂ မှာ $၁၀၀/kWh ရောက်ဖို့ ရည်မှန်းထားတယ်။
- Bloomberg New Energy Finance က ၂၀၃၀ မှာ $၇၃/kWh ရောက်မယ်လို့ ခန့်မှန်းထားတယ်။

ဒါက ဘာကိုဆိုလိုသလဲ?

- ဘက်ထရီစျေးက လိုအပ်တဲ့အဆင့်ကို ရောက်လာရင် –
    - လေအားနဲ့ နေအားက သိုလှောင်မှုနဲ့အတူ ကျောက်မီးသွေးနဲ့ ယှဉ်ပြိုင်နိုင်မယ်။
    - လျှပ်စစ်ကားတွေက ဓာတ်ဆီကားတွေထက် စျေးသက်သာလာမယ်။
- ဒါပေမယ့် ဒီစျေးကို **အမြန်ဆုံးရောက်အောင်** လုပ်ဖို့ လိုတယ်။

အပိုင်း (၅) – နိဂုံး – နိုင်ငံရေးဆန္ဒနဲ့ အနာဂတ်

အချိန်မီမလုပ်ရင် ဘာဖြစ်မလဲ?

- **ဂရင်းလန်း (Greenland)** ရဲ့ ရေခဲလွှာ အရည်ပျော်ရင် ပင်လယ်ရေမျက်နှာပြင် **၂၄** မြင့်တက်လာမယ်။ New York မြို့ရဲ့ ၅% ရေအောက်ရောက်မယ်။
- **အန္တာတိက (Antarctica)** ရဲ့ ရေခဲလွှာ အရည်ပျော်ရင် ပင်လယ်ရေမျက်နှာပြင် **၂၀၀** ကျော် မြင့်တက်လာမယ်။
- ဒီအခြေအနေတွေက **ပြန်မဆယ်နိုင်တော့ဘူး (irreversible)**။
- ကမ္ဘာဘဏ် (World Bank) ရဲ့ ခန့်မှန်းချက်အရ ၂၀၅၀ မှာ ကမ်းရိုးတန်းမြို့တွေ ရေကြီးမှုကြောင့် နှစ်စဉ် $၁ ထရီလီယံ ဆုံးရှုံးမယ်။

ဘာလုပ်သင့်သလဲ?

- နည်းပညာက **ရှိနှင့်ပြီးသား** – လေအားနဲ့ နေအားက စျေးသက်သာပြီး သုံးလို့ရတယ်။
- လိုအပ်တာက **နိုင်ငံရေးဆန္ဒ (political will)** ပါ။
- အစိုးရတွေက –
    - စည်းမျဉ်းတွေ ပြဋ္ဌာန်းပြီး အသွင်ကူးပြောင်းမှုကို အရှိန်မြှင့်ပေးရမယ်။
    - အခြေခံအဆောက်အအုံတွေ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံဖို့ အားပေးရမယ်။
    - ရေရှည်အကျိုးအတွက် ဆုံးဖြတ်ချက်တွေ ချရမယ်။

စာရေးသူရဲ့ နောက်ဆုံးသတင်းစကား –

- စွမ်းအင်အသွင်ကူးပြောင်းမှုက **သေချာပေါက်ဖြစ်လာမယ်**။
- တချို့က စောင့်မျှော်နေမယ်၊ တချို့က ဖြစ်အောင်လုပ်မယ်။
- ဒါပေမယ့် **ငါတို့အားလုံး ဒီအသွင်ကူးပြောင်းမှုကို အခုပဲ လိုအပ်နေတယ်**။

အခန်း (၁၂) ရဲ့ အဓိကအချက် (၆) ချက်

၁. **CO_2 စီးဆင်းမှု (flows)** က နှစ်စဉ်ထုတ်လွှတ်မှု၊ **သိုလှောင်မှု (stocks)** က လေထုထဲမှာ စုပုံနေတဲ့ စုစုပေါင်းပမာဏ။ CO_2 က လေထုထဲမှာ နှစ် ၁၀၀ ကြာရှည်စွာ ရှိနေတယ်။

၂. **CO_2 ပမာဏကို ၄၅၀ ppm အောက်မှာ ထိန်းထားဖို့ လိုတယ်** – ဒီထက်ကျော်ရင် ပြန်မဆယ်နိုင်တော့တဲ့ သက်ရောက်မှုတွေ ဖြစ်လာမယ်။

၃. **အသွင်ကူးပြောင်းမှုကို ၁၀ နှစ်နှောင့်နှေးရင် CO_2 ၃၆၀ ဘီလီယံတန် ပိုထွက်လာမယ်** – ဒါက ၄၅၀ ppm ကို ကျော်သွားစေမယ်။

၄. **ဘက်ထရီဈေးက $၁၀၀/kWh အောက်ရောက်ဖို့ လိုတယ်** – ဒါမှ လေအားနဲ့ နေအားက ကျောက်မီးသွေးနဲ့ အပြည့်အဝ ယှဉ်ပြိုင်နိုင်မယ်။

၅. **ရေခဲလွှာတွေ အရည်ပျော်ရင် ပင်လယ်ရေမျက်နှာပြင် ပေ ၂၀၀ ကျော် မြင့်တက်လာမယ်** – ဒါက ပြန်မဆယ်နိုင်တဲ့ အခြေအနေပါ။

၆. **နည်းပညာက ရှိနှင့်ပြီးသား၊ လိုအပ်တာက နိုင်ငံရေးဆန္ဒ** – အစိုးရတွေက အရှိန်မြှင့်ဖို့ ဆုံးဖြတ်ချက်တွေ ချရမယ်။

စာအုပ်တစ်အုပ်လုံးရဲ့ နိဂုံးချုပ်

ဒီစာအုပ်က ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ရဲ့ စီးပွားရေးအခြေခံတွေ၊ သမိုင်းကြောင်း၊ လက်ရှိအခြေအနေနဲ့ အနာဂတ်အလားအလာတွေကို ရှင်းပြထားတယ်။

အဓိကသတင်းစကား (၃) ချက် –

၁. **ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်က ဈေးသက်သာလာပြီ** – လေအားနဲ့ နေအားက ကျောက်မီးသွေး၊ ရေနံ၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့တွေနဲ့ ဈေးပြိုင်နိုင်တဲ့အဆင့်ကို ရောက်နေပြီ။

၂. **လျှပ်စစ်ကားတွေက သိုလှောင်မှုပြဿနာကို ဖြေရှင်းပေးနိုင်တယ်** – ဒါက ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲစွမ်းအင်ရဲ့ နောက်ဆုံးအတားအဆီးကို ဖယ်ရှားပေးတယ်။

၃. **ဒါပေမယ့် အချိန်မဆွဲငံသင့်ဘူး** – ရာသီဥတုပြောင်းလဲမှုကို ရှောင်လွှဲဖို့ အခုပဲ ဆောင်ရွက်ရမယ်။

ဒါကြောင့် ကျွန်တော်တို့အားလုံး – ကျောင်းသား၊ စီးပွားရေးလုပ်ငန်းရှင်၊ နိုင်ငံရေးသမား၊ သာမန်ပြည်သူတွေ – ဒီအသွင်ကူးပြောင်းမှုကို နားလည်ပြီး ပါဝင်ဆောင်ရွက်သင့်တယ်လို့ စာရေးသူက တိုက်တွန်းထားပါတယ်။